

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ**

Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис) О.Ф. Луговський
(ініціали, прізвище)

“ ____ ” _____ 2020 р.

**Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра**

з спеціальності **131 Прикладна механіка**

(код і назва)

на тему: Автоматизована система зміни екструдерів для 3D-принтера _____

Виконав : студент 4 курсу, групи МА-61-2
(шифр групи)

Шатохін Олексій Віталійович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник ст.викладач Беліков Костянтин Олександрович _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант з охорони праці _____ ст.викладач Ковтун А.І. _____
(назва розділу) (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультант з технології машинобудування к.т.н.,доц. Кореньков В.М. _____
(назва розділу) (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2020 рік

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут механіко-машинобудівний

(повна назва)

Кафедра прикладної гідрааеромеханіки і механотроніки

(повна назва)

Рівень вищої освіти - перший (бакалаврський)

Спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

О.Ф. Луговський

(підпис)

(прізвище ініціали)

“ ” 2020 р.

**ЗАВДАННЯ
на дипломний проект студенту**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Автоматизована система зміни екструдерів для 3D-принтера.

керівник проекту Ст.Вик. Беліков Костянтин Олександрович,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом по університету від “ 20 ” травня 2020 року № 1120-с

2. Термін подання студентом проекту 08.06.20

3. Вихідні дані до проекту: Дослідження впливу зміни прискорень та ривків на час друку.

Дослідження характеристик та недоліків кінематик 3D принтерів. Дослідження характеристик та недоліків механізмів подачі пластику.

Розробка механізму стиковки та заміни екструдерів.

Розробка механізму подачі пластику з новими характеристиками.

4.Зміст пояснювальної записки:

66 сторінок друкованого тексту, 8 таблиць, 30 рисунків.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень, плакатів, презентацій тощо):

Креслення: 1 Вал кріплення екструдера, 2 Кріплення екструдера, 3 Блок охолодження екструдера, 4 Несуча деталь, 5 Упор екструдера, 6 Засув, 7 Пластина каретки, 8 Упор.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Охорона праці	ст.викл. Ковтун А.І.		
2. Технологія машинобудування	доц. Кореньков В.М.		

7. Дата видачі завдання 10.02.2020

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Огляд відомих технічних рішень з кінематики та механізмів подачі пластику	25.03.20	
2.	Дослідження кінематик	6.04.20	
3.	Дослідження механізмів подачі	12.04.20	
4.	Дослідження механічних характеристик двигунів	28.04.20	
5.	Розробка механізму стиковки	10.05.20	
6.	Розробка механізму подачі пластику	21.05.20	
7.	Охорона праці	03.06.20	

Студент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Анотація

На сьогоднішній день всі види галузей постійно підлягають вдосконаленню, це обумовлено бажанням оптимізувати роботу певних вузлів системи, або додати нові можливості. З часом вимоги до елементів конструкції піднялись на стільки, що виготовити деталь класичними методами різання виходить досить дорого, або взагалі неможливо. Саме тому в промисловості з'явився новий вид виробництва, а саме - три вимірний друк. На відміну від класичних методів виробництва, де з заготовки зрізується зайвий матеріал, в 3D принтерах використовується адитивна технологія, тобто, все навпаки матеріал нарощується пошарово. Існуючі аналоги мають деякі недоліки та обмеження, які не дозволяють швидко друкувати композитні об'єкти з 2 або більше матеріалів. Рішенням є модульна система заміни екструдерів. Було розроблено спеціальний механізм стиковки та подачі пластику які перевершують аналоги. Розробка може бути використана при розробці нових моделей 3D принтерів.

Summary

Today, all types of industries are constantly being improved, this is due to the desire to optimize the operation of certain components of the system, or add new opportunities. Over time, the requirements for structural elements have risen so much that to make a part by classical methods of cutting is quite expensive, or impossible. That is why a new type of production has appeared in the industry, namely three-dimensional printing. Unlike classical production methods, where excess material is cut from the workpiece, 3D printers use additive technology, that is, on the contrary, the material is built in layers. Existing analogues have some disadvantages and limitations that do not allow you to quickly print composite objects from 2 or more materials. The solution is a modular extruder replacement system. A special mechanism for joining and feeding plastic has been developed that surpasses analogues. The development can be used in the development of new models of 3D printers.

Пояснювальна записка до дипломного проекту

на тему: АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ЗАМІНИ ЕКСТРУДЕРІВ
3D-ПРИНТЕРА

ЗМІСТ

Вступ	9
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ВІДОМИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ 3D ДРУКУ	
1.1 Кінематика 3D-принтерів	13
1.1.1 Картезіанська кінематика	13
1.1.2 Різновиди картезіанської кінематики CoreXY і H-Bot	15
1.1.3 Дельта-принтери	17
1.1.4 Полярні	18
1.1.5 З роботизованими маніпуляторами	20
1.1.6 SCARA	21
1.2 Особливості конструкцій подачі пластику	22
1.3 Особливості підготовки файлу до друку	24
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ІСНУЮЧИХ ТИПІВ ПРИВОДІВ ТА КІНЕМАТИК.	
2.1 Дослідження кінематик	25
2.2 Дослідження механізмів подачі пластику	30
2.3 Дослідження впливу швидкості, прискорення та ривку на час друку моделі	34
2.4 Розрахунок механічної передачі екструдера	37
РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕКСТРУДЕРІВ 3D-ПРИНТЕРА	
3.1 Проектування механізму стиковки	39
3.2 Власна розробка механізму подачі	44
3.3 Алгоритм заміни екструдера	44
3.4 Підбір обладнання	45
3.5 Електрична схема підключення елементів системи	46
РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ	47

					<i>МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<div>Автоматизована система</div> <div>заміни екструдерів</div> <div>3Dпринтерів</div> <div>Пояснювальна записка</div>		
Розроб.		Шатохін О.В.	<i>Шатохін</i>				
Перевір.		Бєліков К.О.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.					<div>Літ.</div> <div>Арк.</div> <div>Акрушів</div>		
						7	46

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	61
Додатки	65

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	<i>Шатохін</i>			8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

На сьогоднішній день виробнича сфера є невід'ємною частиною життя суспільства. Зі збільшенням потреб людей, розвивається техніка і модернізуються вже існуючі системи. Всі види галузей постійно підлягають вдосконаленню, це обумовлено бажанням оптимізувати роботу певних вузлів системи, або додати нові можливості. З часом вимоги до елементів конструкції піднялись на стільки, що виготовити деталь класичними методами різання виходить досить дорого, або взагалі неможливо.

Саме тому в промисловості з'явився новий вид виробництва,

а саме - три вимірний друк. На відміну від класичних методів виробництва, де з заготовки зрізується зайвий матеріал, в 3D принтерах використовується адитивна технологія, тобто, все навпаки матеріал наростає. В результаті можливо отримати деталь без відходів та будь якої форми. Новий вид виробництва розв'язав руки інженерам при проектуванні, з'явилась можливість не тільки розробляти різноманітні форми а й міняти внутрішню структуру деталі, тим самим полегшивши деталь не жертвуючи міцністю. Саме так виник новий напрямок в інженерії як генеративний дизайн (generative design). В даному випадку інженер безпосередньо не шукає рішення поставленої задачі, а описує її параметри і обмеження програмі, після чого та створює (генерує) варіанти рішення, які формують бачення 3D продукту це незамінний інструмент в таких галузях як:

- Машинобудувальна, аерокосмічна - друк легких та міцних деталей з металу (Рис. 1.1).

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін			9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.1 generative design

- Архітектурна - друк макетів, будівель (Рис. 1.2)



Рис. 1.2. 3D принтер для друку будівель

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін.			10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- сувенірна - друк ігрових предметів, костюмів, реквізитів (Рис.

1.3.)



Рис. 1.3. Надруковані елементи декору

- обувна - друк макетів, та деяких продуктів на замовлення (рис.

1.4.)



Рис. 1.4. Надруковане взуття з ортопедичною підошвою

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін.			11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- медична - друк протезів(Рис. 1.5.).

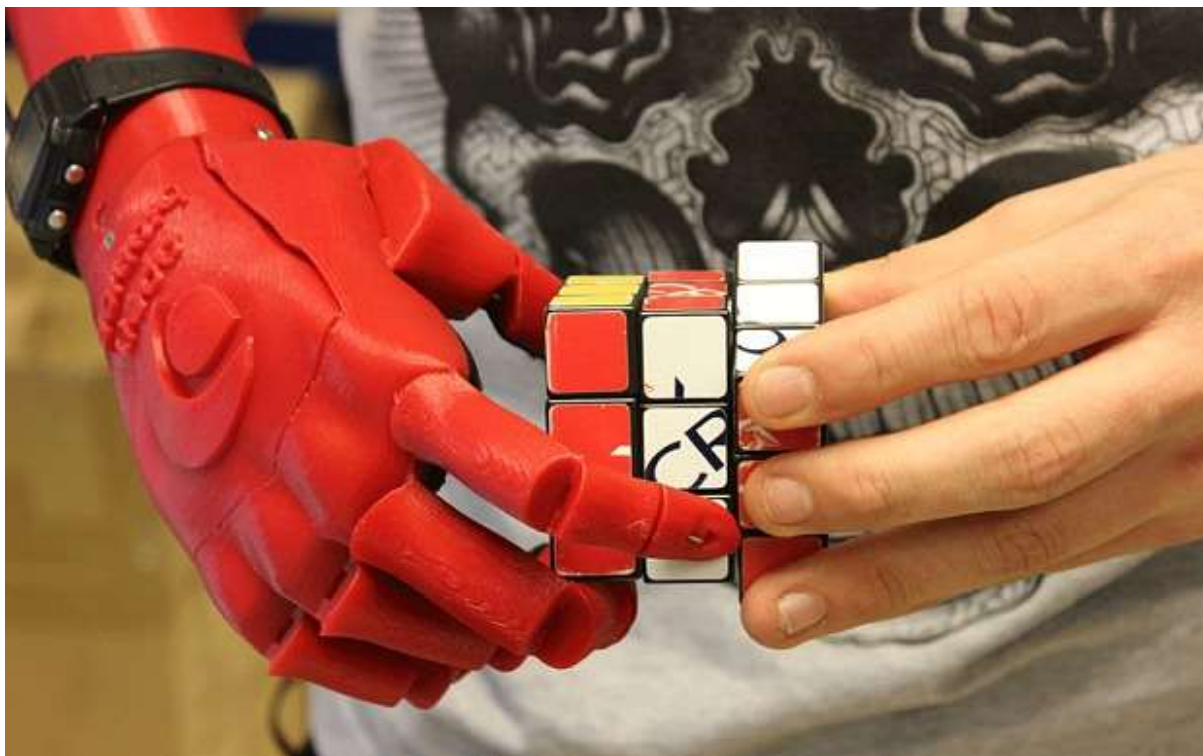


Рис. 1.5.Людина з надрукованим протезом руки

З розвитком та спрощенням цієї технології, з'явилися варіанти принтерів які можна встановити в вдома, або зібрати самому.

Принцип такий, пластикова нитка подається в нагрітий екструдер, розплавляється та виштовхується через тонке сопло, тим самим пошарово друкуючи деталь.

Перші домашні 3Д принтери були дуже повільні бо мали великий та важкий механізм подачі пластику і могли друкувати невеликі деталі. З подальшим покращенням конструкції з'явилося два варіанти:

- Для точного друку, механізм подачі знаходиться біля екструдера що дозволяє друкувати різними видами матеріалів, але через вагу робить неможливим швидкий друк.
- Для швидкого друку механізм подачі знаходиться на рамі, але таким чином неможливо друкувати всіма типами пластику.

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін.			12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ВІДОМИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ 3D ДРУКУ

1.1 Кінематика 3D-принтерів

Що таке кінематика 3D-принтерів?

На даний момент існує багато конструкцій і кожна має свої переваги та недоліки. Кожен 3D-принтер має свою кінематичну схему роботи. Моделі оснащені платформою і екструдером. Ці деталі рухаються в певному напрямку відносно один одного. Кінематика в такому пристрої означає схему, по якій пересуваються екструдер і платформа.

Види і типи

Видів кінематики 3D-принтерів налічують - сім.

Від їх особливостей залежить принцип функціонування пристрою, будування алгоритму рухів та спосіб обробки заготовки.

1.1.1 Картезіанська кінематика

Найпоширеніші - 3D-принтери з картезіанської кінематикою. Картезіанська кінематика передбачає що кожна вісь керується окремим двигуном, але серед 3д принтерів ця назва закріпилась саме на даній конструкції тобто prusa подібна. Так сталося через те що першим хто розробив такий тип принтерів був Ждозеф Пруша (Josef Prusa) то в честь нього назвали такий тип принтерів. Вони засновані на декартовій системі координат (Рис. 1.6.), працюють осях X, Y і Z. За ним задаються координати, за якими друкуюча головка змінює положення щодо платформи. У друкуючої головки є обмеження щодо руху по трьох осях[2].

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін.			13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

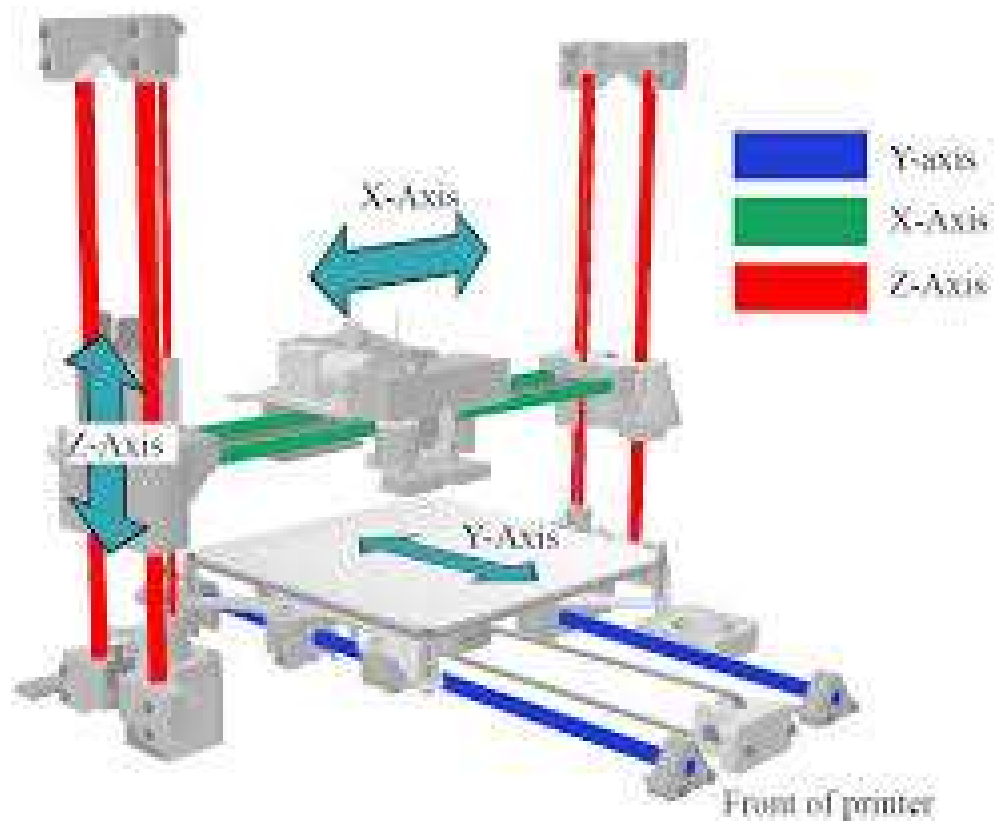


Рис. 1.6. Принтер з картезіанською кінематикою

Існуючі варіанти конфігурацій

1. Екструдер направляється в висоту, коли платформа рухається по горизонтальних осях X або Y.
2. Платформа рухається вгору по осі Z, екструдер в цей момент може пересуватися по горизонтальних напрямках.
3. Платформа переміщається по одній з осей, екструдер піднімається та їздить по іншій осі.
4. Платформа статична і не рухається, екструдер пересувається по всіх трьох осях.

Найпоширенішими варіантами є другий і третій.

Картезіанська кінематика відрізняється рядом переваг.

- Це проста схема руху, вона підходить для аматорської друку. На її основі працюють багато бюджетних моделей.
- Принтер може випускатися в будь-яких габаритних параметрах, при необхідності він модернізується.

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін.			14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Недоліки принтерів, побудованих за принципом трьох систем координат: моделі громіздкі, після монтажу вони займають багато місця на робочому столі;

- невисока швидкість друку.

1.1.2 Різновиди декартової кінематики CoreXY і H-Bot

У CoreXY є два ремня (Рис. 1.7.), а в H-Bot встановлений тільки один (Рис. 1.8.), але довгий - це основна відмінність двох різновидів. Загальна риса в цих пристроях на основі декартової кінематики полягає в тому, що платформа рухається тільки по осі Z. Горизонтальні осі X і Y переміщуються за допомогою пари двигунів, закріплених на рамі[2].

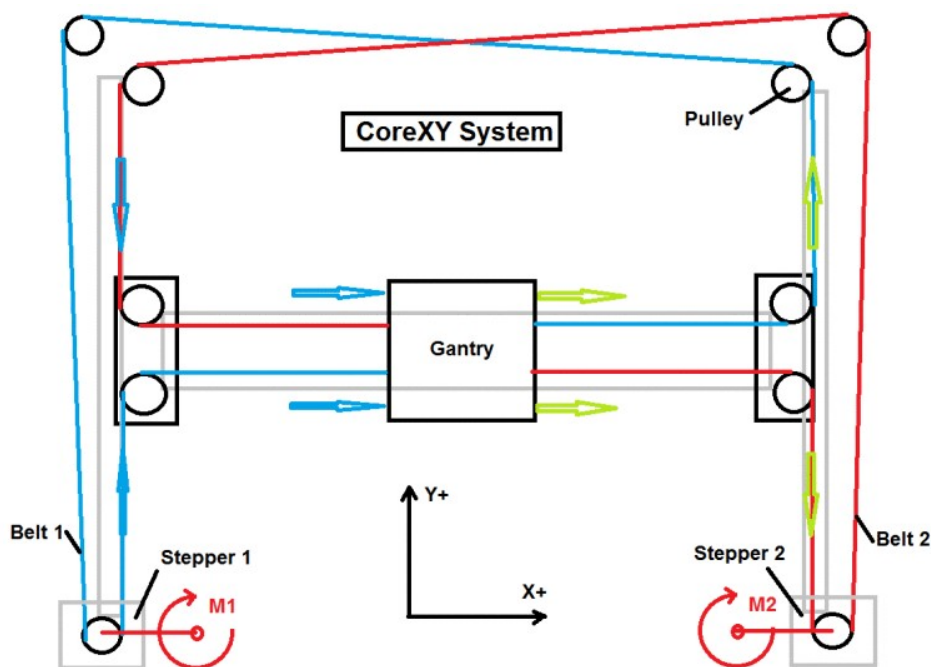


Рис. 1.7. Кінематика CoreXY.

За рух по горизонтальних осях відповідають два двигуна, по вертикальних - один. Така кінематика поширена не тільки в аматорських принтерах, але і професійних.

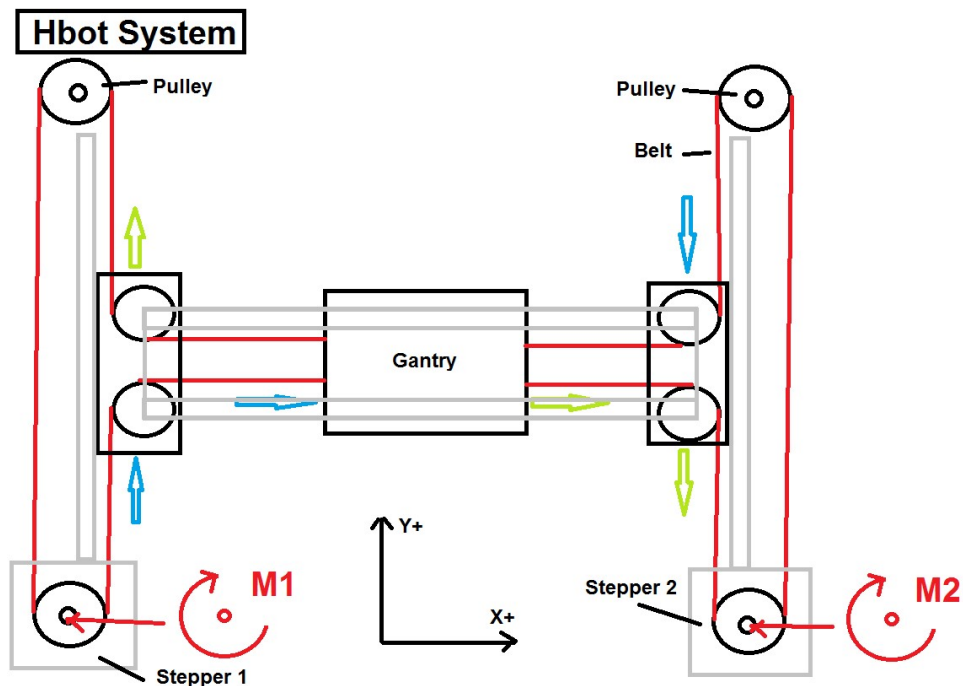


Рис. 1.8. Кінематика H-Bot.

3D-принтери, що працюють на основі CoreXY і H-Bot, обходяться дорожче, ніж звичайні моделі на картезіанській кінематики. Для виробництва їх корпусів використовують металевий сплав або композитні матеріали. Рейкові напрямні розкривають потенціал якісного друку. Така кінематика дозволяє досягати гарної деталізації при швидкого друку[2].

З переваг CoreXY і H-Bot виділяють:

- високу швидкість друку;
- якісну деталізацію моделей;
- професійний клас використання.

Але не обійшлося без недоліків:

- H-Bot не реалізують на сталевих валах, бо може виникнути перекося;
- потрібно постійно стежити за натягом ремня, щоб не виник люфт;
- шківи, за якими рухаються ремні, повинні бути розташовані строго перпендикулярно один одному.

Принтери, що працюють на декардовій кінематиці, набули широкого поширення в різних виробничих сферах. Вони відрізняються високою деталізацією друку, міцним металевим корпусом, якісними комплектуючими.

1.1.3 Дельта-принтери

Принтери, що працюють на кінематики типу «Дельта» (Рис. 1.9.), відрізняються від своїх конкурентів по ряду особливостей. Стіл залишається нерухомим, а для переміщення друкуючої головки використовуються відразу три встановлених осі. У таких пристроях немає поділу на вісь X, Y і Z. Щоб пересувати каретку

використовується тригонометрична функція заснована на кутах, що дозволяє дуже точно позиціонувати екструдер. Саме тому для такої кінематики потрібен контролер з великою обчислювальною потужністю щоб швидко виконувати команди[2].



Рис. 1.9. Кінематика «Дельта»

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін			17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вже існуючі дельта-принтери відрізняються наступними перевагами.

- Невеликі габарити. Пристрої не займають багато місця на робочому столі, вони високі, але не широкі.

- Висока швидкість друку. Моделі можуть обробляти 300-400 мм / с.

- Дозволяють друкувати високі моделі, але вузькі.

У дельт є і кілька мінусів.

- Складність калібрування.

На друкованої поверхні утворюється лінза, через яку неможливо повноцінно відкалібрувати процес друку. Це основний фактор, що уповільнює масове впровадження кінематики.

- Невисока точність.

Висока швидкість друку змушує жертвувати точністю. Всі осі виконують дрібні пересування, виникають похибки.

- Вимоги до обчислювальної потужності.

Дельти оснащені 32-бітними платами, через що вони не підтримують взаємодії з 8-бітними системами.

- Не всі екструдери підійдуть.

У дельт є обмеження по вазі, тому використовувати екструдери типу Direct не бажано.

1.1.4 Полярні

Полярна кінематична схема представлена тільки в однієї фірми - Polar (Рис. 1.10.). Суть такої технології полягає в тому, що в ній немає позиціонування по осях X, Y і Z. Положення екструдера задається показником кута і радіусу. Платформа у полярних 3D-принтерів відрізняється круглою формою, вона рухається тільки по горизонтальній осі і обертається по колу. Екструдер переміщається вгору і вниз. Так само як і в дельта принтерів їм потрібен досить потужний контролер[2].

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін.			18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.10. Полярна кінематика

З переваг 3D-принтерів на полярній кінематики виділяють:

- можливість створювати великі круглі об'єкти;
- високу енергоефективність;
- невеликі габарити.

Але є і недоліки:

- низька точність друку;
- платформа в процесі роботи не прогрівається, що накладає обмеження щодо роботи з матеріалами;
- Полярні принтери поступаються по точності друку картезіанським і дельтовим.

Такі моделі виробник рекомендує використовувати в освітніх цілях, для професійного друку вони поки не підходять.

- Вимоги до обчислювальної потужності.

Вони оснащені 32-бітними платами, через що вони не підтримують взаємодії з 8-бітними системами.

1.1.5 З роботизованими маніпуляторами

Принтери з роботизованими маніпуляторами (Рис. 1.11.) - це конструкція з механічно програмованим маніпулятором-захопленням екструдером. Це багатофункціональний робот: він може проводити зварювальні роботи, фарбування, фрезерування і т. д.

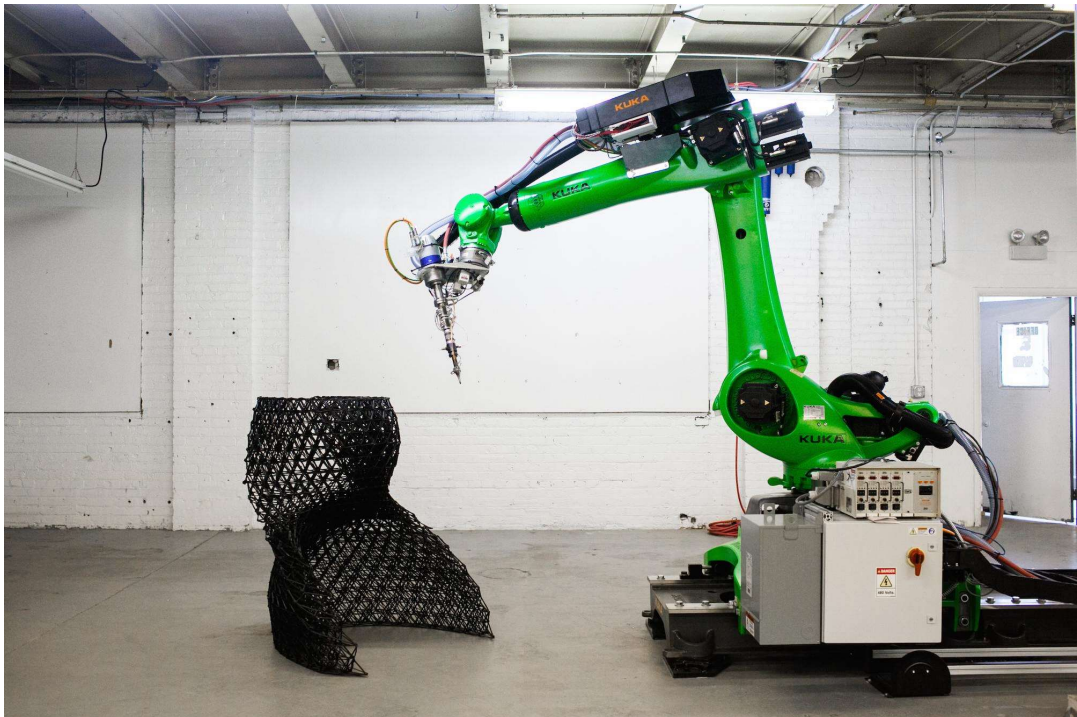


Рис. 1.11. Робот маніпулятор KUKA з екструдерною насадкою

Екструдер може переміщатися в різних напрямках: пошарово, по складних траєкторіях в трьох вимірах, під різними кутами. Завдяки такому набору функцій вдається створювати складні конструкції[2].

З основних переваг виділяють:

- універсальність: прилад може здійснювати кілька видів завдань при заміні екструдера;

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін			20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- підходять для виконання промислових задач: можна друкувати великі об'єкти практично без обмежень за габаритами.

Але є і недоліки:

- невисока точність: таке обладнання поступається картезіанській кінематики;
- великі розміри: пристрої займають багато місця на робочій поверхні. У промислових цілях такі прилади працюють тільки в разі, коли висока точність виконання деталей неважлива.

1.1.6 SCARA

SCARA (Selective Compliance Articulated Robot Arm) - це кінематика (рис. 1.12.), яка заснована на русі платформи по горизонталі. Рух досягається за рахунок зчленування важільного механізму.

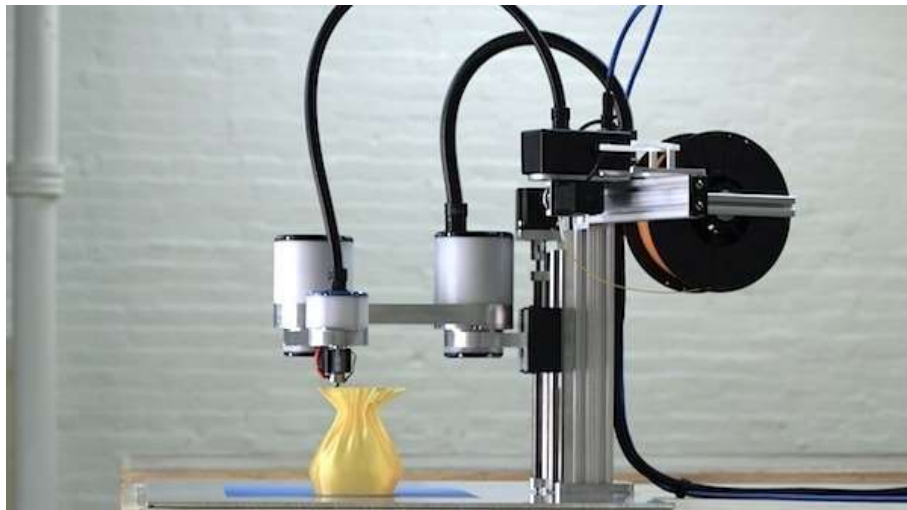


Рис. 1.12. Кінематика SCARA

Такі прилади мають високу точність і повторюваність, при роботі видають мінімум шуму і вібрацій. SCARA по деталізації обробки перевершили і картезіанські моделі: різниця ще і в тому, що перші працюють відчутно швидше[2].

З переваг такої кінематики:

- точність друку;
- висока швидкість;

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін			21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- невеликі габарити і маса.

Але є і недоліки:

- обмеження по жорсткості в зоні осей X і Y;
- висока вартість;
- не сама широка сфера використання.

Прилади на основі кінематики SCARA - це пристрої, які поєднують в собі функції принтера з тривимірною технологією і маніпулятора.

1.2 Особливості конструкцій подачі пластику

Основні критерії друку це:

швидкість, якість друку та характеристики друкованого виробу.

Швидкість друку залежить від інерційності кінематики, яка прямо пропорційна вазі конструкції друкувального вузла.

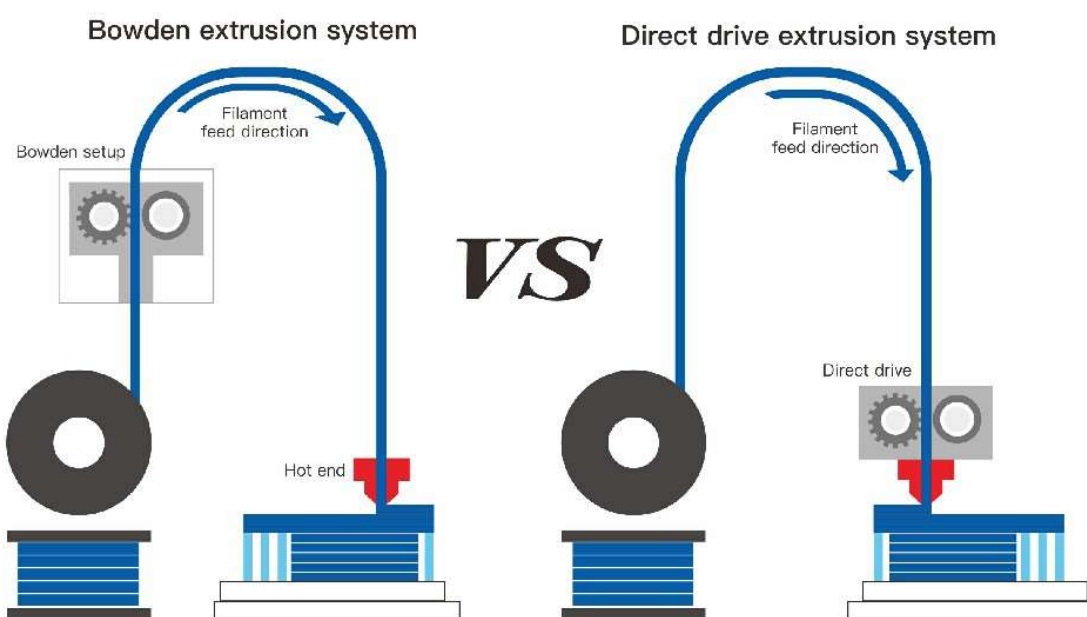


Рис. 1.13. прямий (Direct), та віддалений (Bowden) механізм подачі пластику

Існує дві системи подачі пластику (Рис. 1.13.): пряма (Direct), та віддалена (Bowden).

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін.			22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На швидких принтерах, зазвичай, двигун подачі знаходиться на рамі, а тиск передається через гнучку трубку, це система Bowden.

Точність подачі пластику залежить від відстані між екструдером та механізмом подачі, тому на точних принтерах встановлюють прямий привід бо він дозволяє точно подавати пластиковий пруток, та друкувати гнучкими матеріалами.

Підсумок існуючих кінематик Таблиця 1.1

Вид кінематики	Точність	Швидкість	Складність
Картезіанська	Висока	Середня	Низька
Н-Bot та CoreXY	Висока	Висока	Середня
Дельта	Середня	Висока	Висока
Полярна	Низька	Низька	Висока
З маніпулятором	Середня	Низька	Висока
SCARA	Середня	Висока	Висока

Підсумок існуючих систем подачі пластику. Таблиця 1.2

Тип приводу	Якість друку	Вага екструдера	Швидкість друку	Довжина ретракту	Друк гнучкими пластиками
Прямий	Висока	Висока	Середня	0,8 - 1,8мм.	Можливо
Боуден	Середня	Низька	Висока	4-6мм.	Проблемно

Роблячи висновки, після порівняння існуючих механізмів, метою даного дипломного проекту є проектування вузла 3D принтера який не тільки вирішує недоліки існуючих конструкцій, але й розширити їх можливості а саме:

- Розробити легкий механізм подачі з віддаленим двигуном
- Досягти високої швидкості друку
- Друк композитних деталей з 3 і більше матеріалів
- Лазерне гравірування

1.3 Особливості підготовки файлу до друку

1. Перш ніж надрукувати 3D-модель з файлу STL, її спочатку слід перевірити на наявність помилок. Більшість програм CAD створюють помилки у вихідних файлах STL, таких типів:

- отвори,
- перевернуті полігони,
- самоперетинання граней, тощо.

2. Наступний крок, відомий як "ремонт", усуває подібні проблеми в оригінальній моделі. Як правило, STL, які були отримані з моделі, отриманої за допомогою 3D-сканування, часто мають багато цих помилок, оскільки 3D-сканування часто досягається шляхом збору / відображення точки. 3D-реконструкція часто включає такі помилки.

3. Після цього, файл STL повинен бути оброблений за допомогою програмного забезпечення яке класифікується як "slicer", який перетворює модель у ряд тонких шарів і створює файл G-коду, що містить інструкції, пристосовані до конкретного типу 3D-принтера (FDM принтери). Цей файл потім може бути надрукований на засобах самого 3D-принтера, або за допомогою програмного забезпечення для 3D-друку (яке завантажує G-код і використовує його для інструктажу принтера під час процесу 3D-друку).

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін.			25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ІСНУЮЧИХ ТИПІВ ПРИВОДІВ ТА КІНЕМАТИК.

За планом потрібно розробити принтер з наступними характеристиками:

- розмір друкувальної області 400х400х400мм.
- З системою автоматичної заміни екструдерів.
- Орієнтований на швидкий та точний друк.
- Можливість друкувати 2 і більше матеріалами

Відомі характеристики деталей:

- Двигуни:
Модель: Nema 17 17HS4401
Вага: 0,4кг
Момент: 0,42Н/м.
- Шків: 20 зубів, діаметр 13мм.
- Екструдер: E3D V6, вага 0,06кг
- Рельсові направляючі: mgn12, вага 0,65кг/метр.
- Сталеві вали калібровані 0,39кг/метр.
- Пластик ABS 1050кг/м³ температура експлуатації -20 +80
- Пластик PLA 1240кг/м³ температура експлуатації -10 +50

2.1 Дослідження кінематик

Для досягнення найкращих результатів у розробці системи заміни екструдерів були досліджені існуючі системи друку.

Найпопулярнішими з кінематик є картезіанська, H-BOT та CoreXY.

Раніше мною було розроблено 3 принтера з різними кінематиками та механізмами подачі пластику:

Перша та друга розробки - принтери на основі картезіанської кінематики.

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін.			26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Картезіанська кінематика найчастіше зустрічається в двох варіантах: Стіл рухається по координаті Y а екструдер по X та Z.

Така схема використовується в принтера типу prusa та в моїх перших конструкціях. Були проведені дослідження кінематики. Головний виявлений недолік такої конструкції, це рухомий стіл, бо разом з ним рухається друкована модель. На маленьких принтерах (до 20 см по довжині та ширині стола) це не критично, але якщо друкувати великі деталі на принтерах більшого розміру то них можуть з'явитись дефекти.

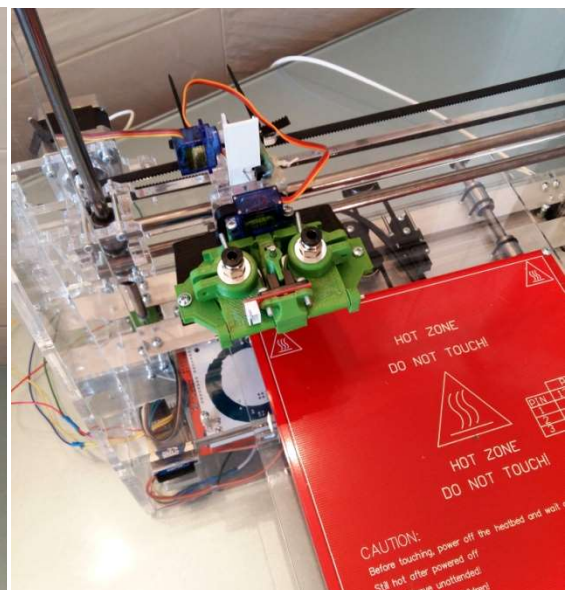
Відомі дефекти:

- вібрації на поверхні моделі.
- Пропуск кроків двигуна, який рухає стіл
- зрив великої деталі з столу із за коливальних рухів.

Особливості розробки:

- система автоматичної калібровки друкувальної поверхні
- можливістю ручної заміни модулів на фрезер, лазер або екструдер. подвійний екструдер з рухомими головками для підвищення якості друку та можливістю друку двома типами матеріалу.

Ця модель була презентована на конференції ICYS (Додаток 1, 2) та зайняла третє місце (рис. 2.1, Рис. 2.2)[19, 20].



					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін			27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рис. 2.1. 2 розроблена модель принтера з кінематикою типу prusa

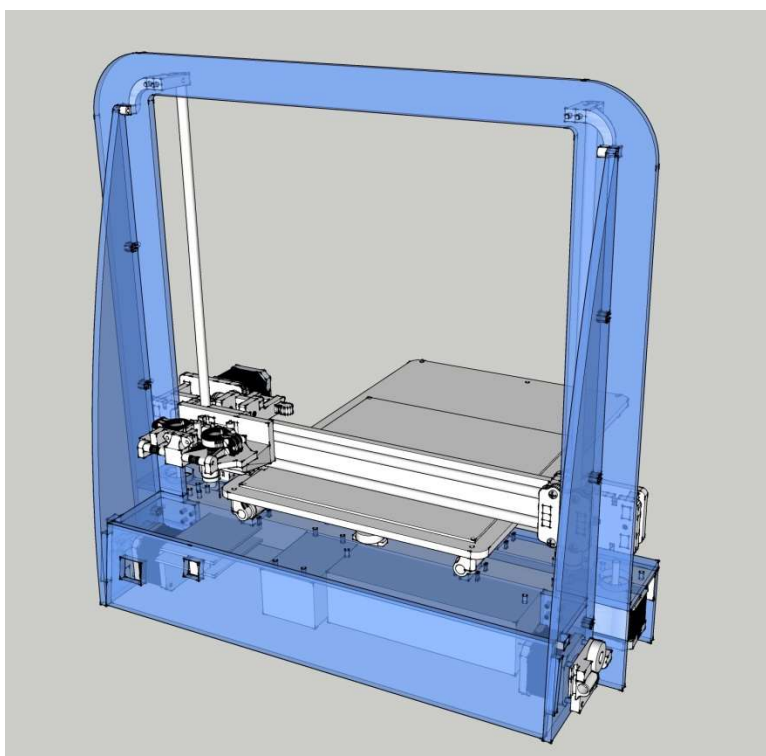


Рис.2.2 3D модель розробки "Multi Print 3D 2X"

2. Стіл рухається по координаті Z а екструдер по X та Y (Рис.2.3).

На відміну від кінематик H-BOT та CoreXY, в цій констукції двигун ,що рухає вісь X, встановлено на балці по якій їздить екструдер. Його вага 0,4кг, тобто з'являється додаткове навантаження на двигун вісі Y, враховуючи ще й вагу екструдера.

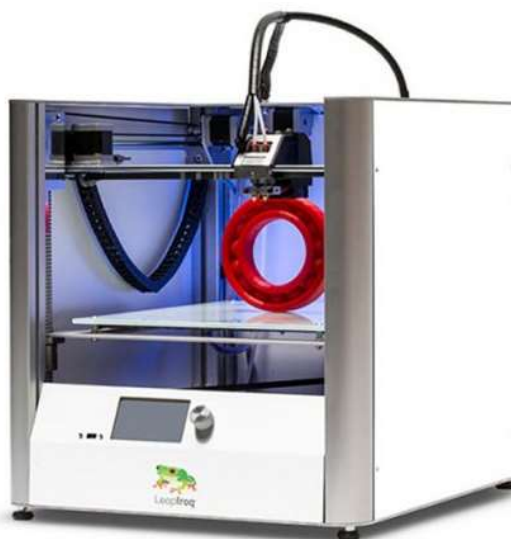


Рис.2.3. Приклад принтеру балочної конструкції

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін.			28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В цієї кінематики найкоротші ремені, що зменшує люфт, тому вона дозволяє робити принтер досить великих розмірів (більше 1 метра по довжині та ширині стола), проте жертвуючи швидкістю друку

Третя розробка - принтер кубічної форми (рис.2.4), який дозволяє дослідити характеристики обох кінематик, H-BOT та CoreXY.

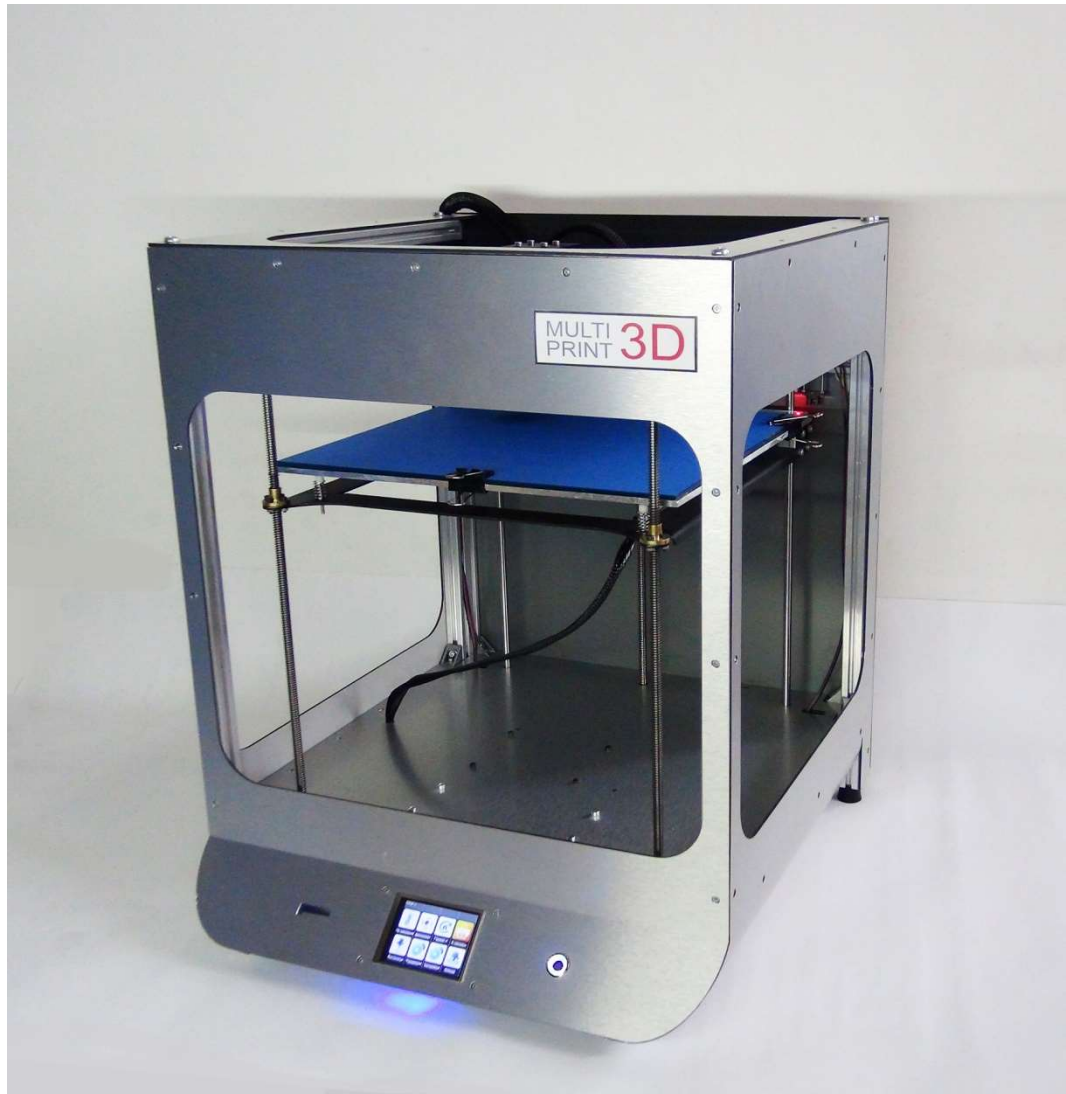


Рис.2.4. Третя модель принтера власної розробки "Multi Print 3D Cubic"

H-BOT

Перше покоління кінематики, де обидва двигуни закріплені на рамі. Використовується лише 1 довгий ремінь на дві вісі координат, який має просту траєкторію ременю.

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін.			29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дослідивши кінематику, було виявлено що дана кінематика може працювати з високими прискорення та швидкістю.

Також були виявлені недоліки:

- проблема з перекосом балки при русі екструдера по вісі X при недостатньо жорсткій рамі або погано змащеному лінійному підшипнику.
- В цієї кінематики найнижча точність
- Овальність круглих деталей при друці

CoreXY

Друге покоління кінематики, де обидва двигуни закріплені на рамі.

Система схожа на минулу, але завдяки 2 ременям, які на 30% коротші, компенсується перекося балки. Виявилось що для цієї кінематики не потрібна міцна рама, точність друку на рівні з картезіанською кінематикою, тому зараз вона використовується в більшості принтерів кубічної форми[3].

Висновок:

В результаті дослідів була вибрана кінематика CoreXY, бо вона дозволяє швидко і точно переміщати каретку не навантажуючи раму та підшипники.

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін.			30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Дослідження механізмів подачі пластику

Механізм подачі пластику головний привід принтера, від якого залежить якість друку

Прямий привід з редуктором (Geared direct drive)

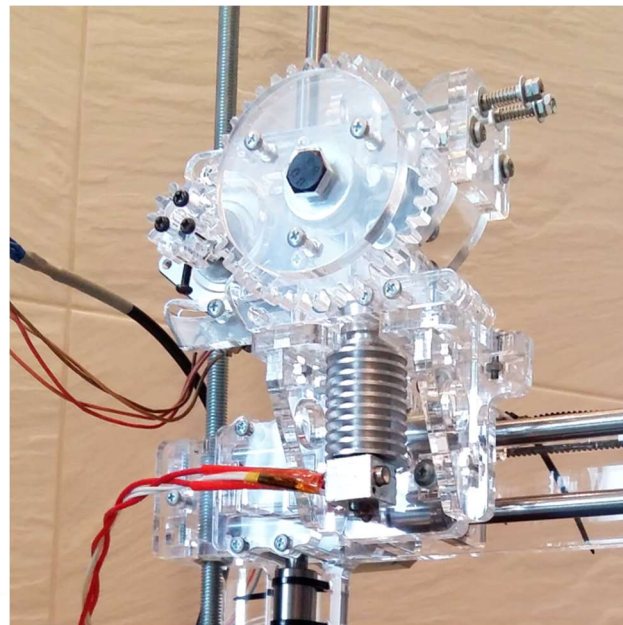
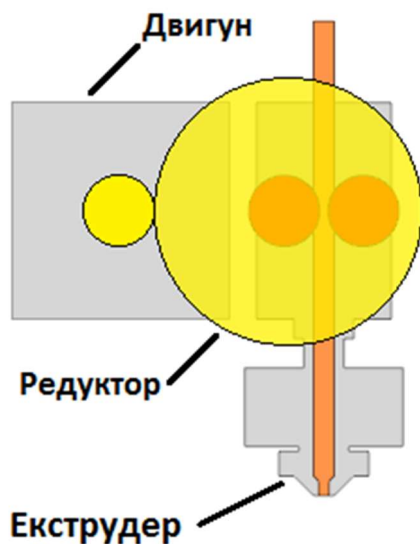


Рис.2.5.Схема та фото механізму подачі пластику з редуктором

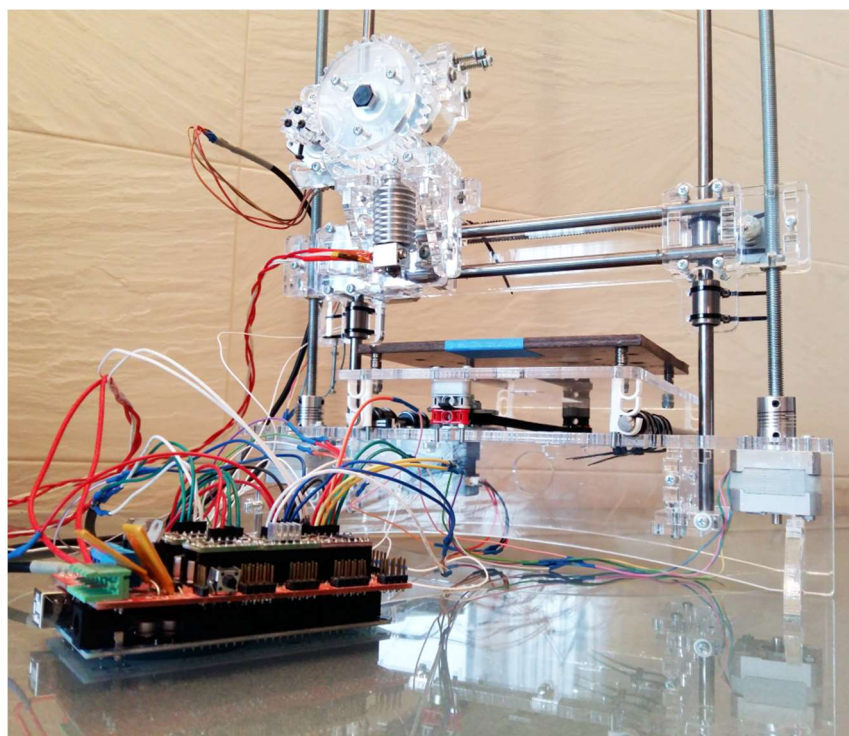


Рис.2.6.Перша модель принтера власної розробки "Multi Print 3D"

		Шатохін О.В.	Шатохін.	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ

Арк.

31

Прямий привід з редуктором (Рис.2.5.)- найперший варіант механізму подачі, він складається:

1. з двигуна,
2. редуктора,
3. валу з насічками для зчеплення з пластиковим прутком.

Такий привід було встановлено на першій моделі принтеру власної розробки(Рис.2.6)., та за час користування був досліджений за допомогою друку тестових моделей.

Була виявлена проблема перших екструдерів в 3d принтерах, це забивання та важкий рух пластику. Тому цей механізм був дуже потужним і завжди міг проштовхнути пластик навіть якщо сопло забилося. Також недоліком були розміри, та вага конструкції, саме тому перша модель принтера була досить повільною.

Прямий привід (Direct drive)

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін.			32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

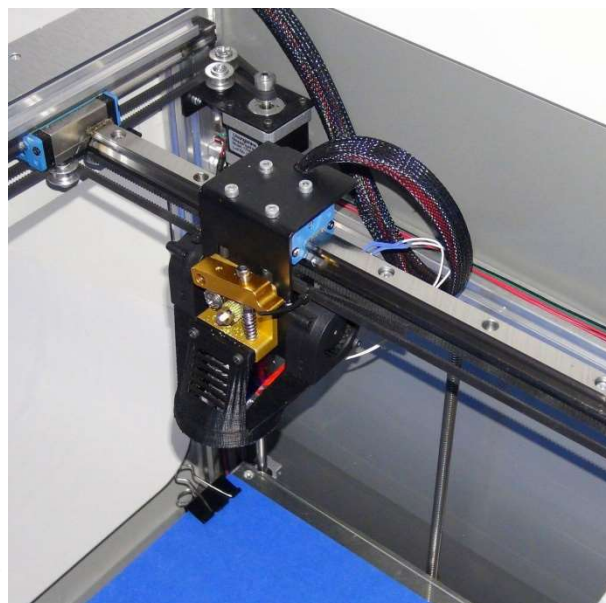
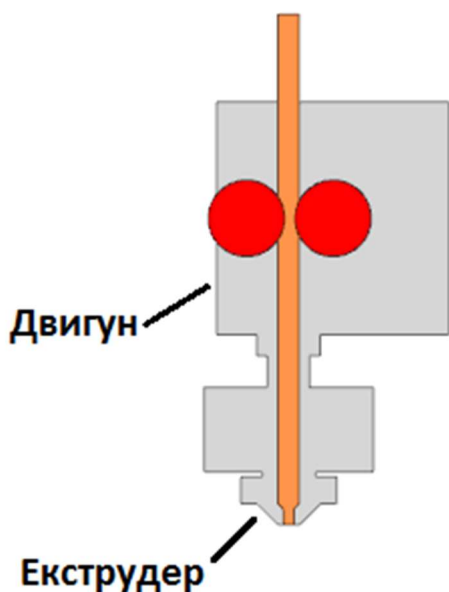


Рис.2.7.Схема та фото прямого механізму подачі пластику принтера

В наступній конструкції я прибрав редуктор, бо якість та конструкція екструдера покращилась і тому велика потужність вже не потрібна.

Двигун прямого приводу розташовуються трохи вище екструдера, і має малу відстань між приводом та екструдером.

Екструдер з прямим приводом (рис.2.7) зменшують необхідну відстань між гарячою і холодною зоною екструдера. Це полегшує ретракт.

Ретракт - це процес, за допомогою якого екструдер відтягує нитку пластику назад, щоб відсунути її від сопла і зменшити тиск, аби вона не просочилася, поки гаряче сопло рухається в повітрі. Було досліджено, що екструдеру з прямим приводом достатньо відсувати пластик на 0,8 і 1,8 мм.

Екструдер з прямим приводом дуже добре контролюють кількість матеріалу, оскільки між приводом та гарячою зоною є невелика відстань, що робить неможливим згинання або стискання нитки.

- Одним з недоліків є маса двигуна.

Важкий двигун переміщується разом з кареткою, що може спричинити проблеми при друці з високою швидкістю. Додаткова вага означає, що екструдер

може спричинити дефекти деталі через скручування механічних елементів під час зміни напрямку.

- Перегрів двигуна.

Другий недолік полягає в тому, що деякі конструкції кріплять радіатор напряму до двигуна, тим самим нагріваючи його, що може викликати пропуск кроків оскільки стандартні крокові двигуни не розроблені для роботи при температурі понад 60/65 ° С.

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін.			34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Боуден (Bowden), або віддалений привід

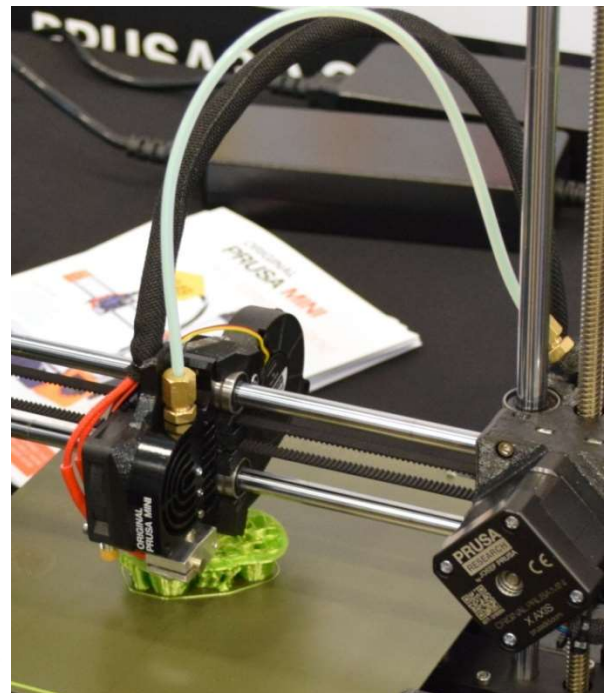
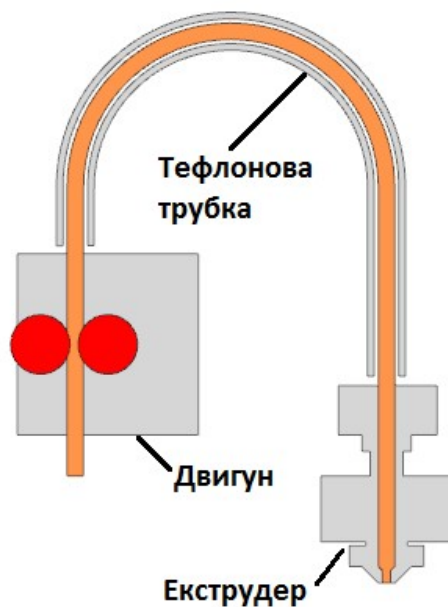


Рис.2.8.Схема та фото віддаленого механізму подачі пластику

В механізмі типу Боуден (рис.2.8) двигун розміщений на певній відстані від гарячої зони, а саме закріплений на рамі принтера поза зоною друку.

Надрукувавши модель машини для виготовлення (Машинка 3D. 2X) був встановлений подвійний екструдер з рухомими головками та механізмом подачі типу боуден.

Але для тестів був встановлений одинарний екструдер, симуючи систему з автоматичною заміною.

Дану систему було досліджено друком тестових моделей.

Виявлені недоліки віддаленого механізму подачі пластику:

1. Велика довжина трубки

Для того щоб пластик досяг екструдера, його потрібно просунути через досить довгу тефлонову трубку, що зменшує якість друку.

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Штаховін О.В.	Штаховін			35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тому ретракт повинен бути набагато більшим, ніж для механізму з прямим приводом. Екструдери типу Bowden повинні відсувати пластик на 4,0 і 6,0 мм.

2. Другий недолік полягає в тому, що привід не здатний подавати гнучкі матеріали, оскільки вони деформуються в середині трубки шляху, стискаються та потовщується і більше не видавлюються. Саме тому практично неможливо роздрукувати на екструдері Боудена

Перевагою Боудена є те, що двигун екструдера може бути розміщений поза камерою, це дозволяє порівняно легко зробити принтер, який дозволить друкувати на великих швидкостях.

2.3 Дослідження впливу швидкості, прискорення та ривку на розрахунковий час друку моделі

Відомі характеристики для розрахунку

- Двигуни:
 Модель: Nema 17 17HS4401
 Вага: 0,4кг
 Момент: 0,42Н/м.
- Шків: 20 зубів, діаметр 13мм.
- Приблизна вага конструкції 1кг. (Модуль екструдера, каретка, балка)

Розрахуємо який момент з даним шківом розвиває двигун :

$$0,42\text{Н/м} / 0,0075\text{м} = 56\text{Н}$$

Опис величин:

Прискорення: векторна фізична величина, яка визначає швидкість зміни швидкості тіла, тобто перша похідна швидкості від часу, або сила від маси. Прискорення є векторною величиною, яка показує, на скільки змінюється вектор швидкості тіла при його русі за одиницю часу

$$A = \frac{dv}{dt}; \quad A = \frac{F}{m};$$

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін			36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Формула для розрахунку прискорення

Максимальне прискорення яке може видати двигун з даною конструкцією

$$\frac{56}{1} = 56 \text{ м/с}^2$$

Ривок: векторна фізична величина, що характеризує темп (швидкість) зміни прискорення тіла. Є перша похідна від прискорення за часом.

$$j = \frac{da}{dt}$$

Формула для розрахунку ривка двигуна

Для перевірки впливу кожної з змінних було проведено дослідження (Табл.2.1) на середній по складності моделі.

Таблиця 2.1

Номер дослідження	Швидкість мм/с	Прискорення мм/с ²	Ривок мм/с ³	Час друку год.
1	40	500	10	13:39
2	40	500	15	12:53
3	40	500	20	12:24
4	60	500	10	11:21
5	60	500	15	10:38
6	60	500	20	9:35
7	80	500	10	10:24
8	80	500	15	9:27
9	80	500	20	8:50
10	40	1000	10	12:40
11	40	1000	15	12:11
12	40	1000	20	11:52
13	60	1000	10	10:08
14	60	1000	15	9:33
15	60	1000	20	9:09

16	80	1000	10	9:03
17	80	1000	15	8:23
18	80	1000	20	7:57
19	40	1500	10	12:14
20	40	1500	15	11:52
21	40	1500	20	11:38
22	60	1500	10	9:34
23	60	1500	15	9:07
24	60	1500	20	8:48
25	80	1500	10	8:25
26	80	1500	15	7:54
27	80	1500	20	7:33

Був проведений порівняльний аналіз (Табл.2.2). Ми змінювали швидкість прискорення та ривок на різних швидкостях.

Порівняльна таблиця приросту швидкості. Таблиця 2.2.

	Приріст швидкості з параметрами	
При зміні швидкості	a=500 j=15	3:26 год
З 40 до 80мм/с	a=1000 j=15	3:48 год
	a=1500 j=15	3:58 год
При зміні прискорення	s=40 j=15	1:01 год
З 500 до 1500мм/с ²	s=60 j=15	1:31 год
	s=80 j=15	1:33 год
При зміні ривку	s=40 a=1000	0:48 год
З 10 до 20мм/с ³	s=60 a=1000	0:59 год
	s=80 a=1000	1:06 год

Висновки:

Було з'ясовано, що ривок впливає на швидкість друку з значень від 10 до 20мм/с³ приблизно так само як і зміна прискорень з 500 до 1500мм/с². Зміна максимальної швидкості впливає час друку в три рази краще.

Тому оптимальним варіантом буде встановлення максимальної швидкості 80мм/с, прискорення 1000мм/с² та ривок 15мм/с³

2.4 Розрахунок механічної передачі екструдера

Вхідні данні: Сопло с- 0,4мм

Товщина слою b - 0,2мм

Стандартний діаметр пластикової нитки D_p - 1,75мм

Колесо подачі пластику D_f - 12мм

Діаметр шківів D_m - 13мм

Розрахунок для полоси 100 x 0,4 x 0,2мм.

$$a * b * c = V^3 \quad 100 * 0.4 * 0.2 = 8\text{мм}^3$$

Отримаємо об'єм пластику необхідний для екструдювання даної полоси. Знаємо площу перерізу пластикової нитки:

$$S = \frac{\pi D_p^2}{4} = \frac{\pi * 1.75^2}{4} = 2.4\text{мм}^2$$

Рахуємо необхідну довжину пластику

$$L_f = \frac{V}{S} = \frac{8}{2.4} = 3.33\text{ммпластику}$$

Таким чином ми виявили співвідношення довжини пластику до руху каретки по вісям принтеру

Тобто, для формування 100мм полоси, потрібно вдавиги в екструдер 3,33мм пластикової нитки.

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін.			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Для точних рухів потрібно вказати співвідношення кількості кроків на 1 міліметр руху кожної з вісей.

Рахуємо на яку відстань втягнеться пластикова нитка за один оберт колеса подачі Ø12 мм.

$$C_f = \pi D_f = \pi * 12 = 37.7 \text{ мм.}$$

Тепер переведемо це в кількість кроків, стандартний кроковий двигун має 200 кроків на оберт.

$$H_f = \frac{C_f}{200} = \frac{37.7}{200} = 0.1885 \text{ мм./крок}$$

Розрахуємо на яку відстань пересунеться каретка за один оберт шківів Ø13 мм.

$$C_m = \pi D_m = \pi * 13 = 40.87 \text{ мм.}$$

Тепер переведемо це в кількість кроків, стандартний кроковий двигун має 200 кроків на оберт.

$$H_m = \frac{C_m}{200} = \frac{40.87}{200} = 0.2042 \text{ мм./крок}$$

Перерахуємо в дані для полоси 100мм. та визначимо співвідношення кількості кроків

$$\frac{L}{H_m} = \frac{100}{0.2042} = 490 \text{ кроків}$$

$$\frac{L_f}{H_f} = \frac{3.33}{0.1885} = 18 \text{ кроків}$$

$$\frac{490}{18} = 27,22 \text{ кроки}$$

Висновок: на кожен крок для рух каретки потрібно ділити на 27,22. Таким чином ми отримаємо кількість кроків для екструдера

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін.			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЗАМІНИ ЕКСТРУДЕРІВ 3D-ПРИНТЕРА

3.1 Проектування механізму стиковки

Механізм стиковки дуже важливий в даній частині конструкції, адже він повинен швидко та прецизійно фіксувати модуль на каретці принтера та в наслідок аварії (зіткнення екструдера з перешкодою) дозволити йому трохи зсунутись, але потім повернутись в початкове положення.

Зона контакту

Першим варіантом кріплення модуля були два металеві штирі які кріпились на каретці, та входили в бронзові втулки на модулі. Штирі дуже міцно тримали модуль, але він мав невеликий люфт, який міг би погано проявитись під час друку. Конструкція не дає змоги зсунутись модулю при аварії. Також якщо прецизійно підігнати штир з втулкою, знадобиться точно налагоджувати кожен модуль по між осьовій відстані штирів, що ускладнює виготовлення. Звісно розуміло що потрібно не фіксувати модуль а притягувати його до поверхні яка б встановлювала його в потрібне положення.

Наступний варіант складався з трьох блоків з V образним пазом на каретці, та 3 призм на модулі. Для точного позиціонування достатньо 3 точки, більша кількість точок не може задовольнити гарантоване задання площини, тому якщо точки не будуть задані на одній площині, то з'єднувальні деталі будуть мати люфт. При стиковці модуль легко встановлювався, не мав люфтів. єдиний недолік був під час підгонки бо призми та блоки повинні бути строго паралельні один одному, інакше буде перекошеність. В фінальному варіанті блоки були замінені отвори в упорі екструдера, а призми на кульки. При стиковці двох деталей, отвори, які розташовані соосносно з кульками. Така конструкція направляють кульки лише в одне положення, тим самим гарантуючи що модуль буде стикуватись в одне і те саме положення.

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін			41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином вийшло максимально спростити зону контакту та досягти потрібних характеристик.

Механізм стягування

Початковим варіантом було використання магнітів для швидкої та надійної фіксації, але була проблема при розстиківці, бо іноді були пропуски кроків двигунів. Під дією тепла магніти починають розмагнічуватись, що з часом може привести до зниження якості кріплення модуля, що робить даний варіант не придатним до використання. Можна було використати електромагніт, але це менш надійно, має вагу, гріється та потребує багато енергії.

Наступним варіантом було встановлення серводвигуна, який би закріплював модуль, але він має рухомі деталі, чим менше рухомих деталей тим надійніша конструкція. потребують додаткову проводку до екструдера, який наразі немає встановленої електроніки на каретці, вся електроніка встановлена всередині модулів

В фінальному результаті була розроблена досить компактна та легка конструкція, яка складається з засуву в якому є технологічний виріз спеціальної форми для закріплення, та підпружинений штир з пазом за який чіпляється засув.

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін			42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розроблена 3D модель стиковочного вузла

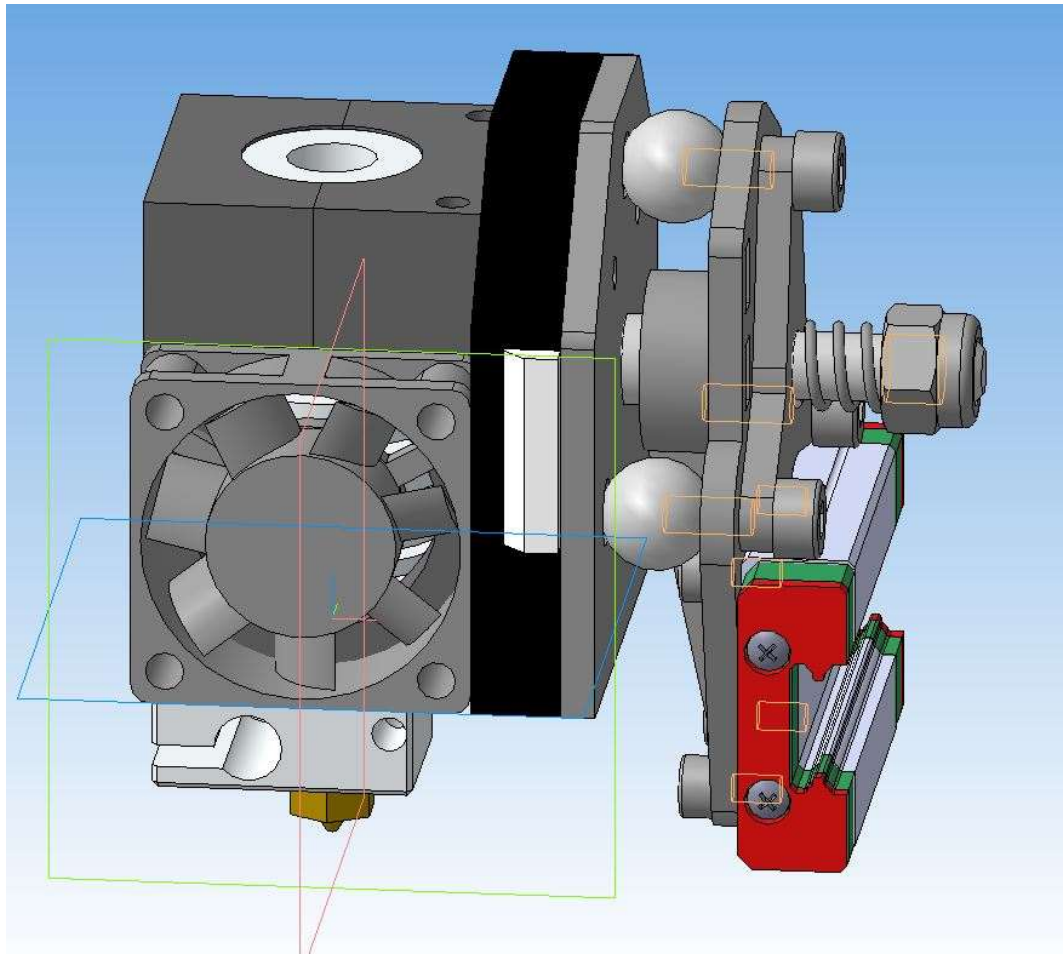


Рис.3.1. Загальний вигляд конструкції

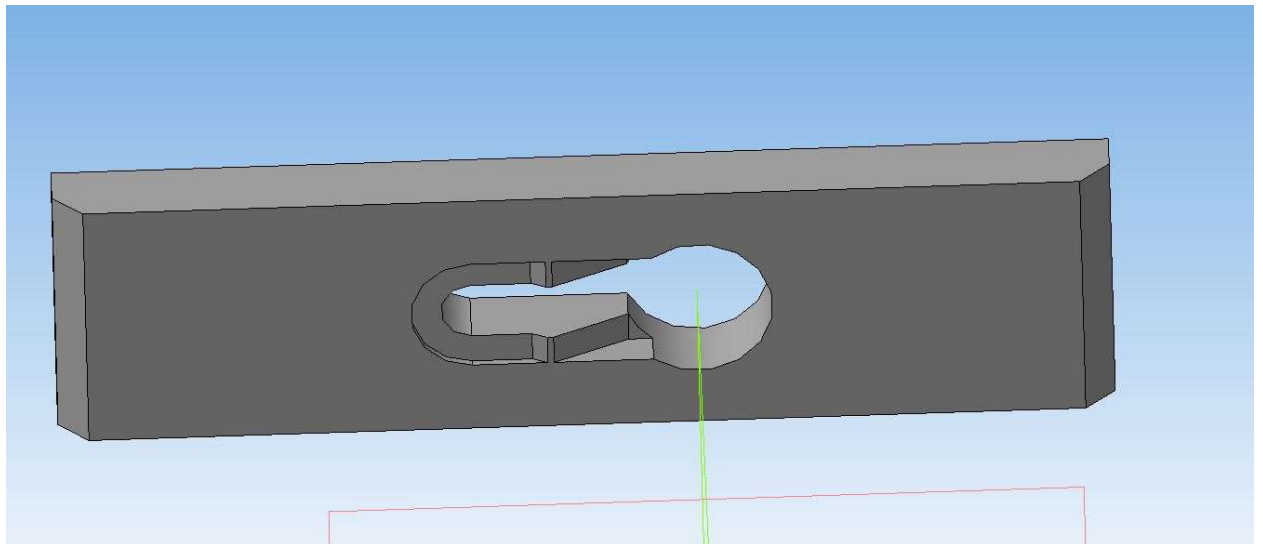


Рис.3.2. Засув

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін.			43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кареточний вузол

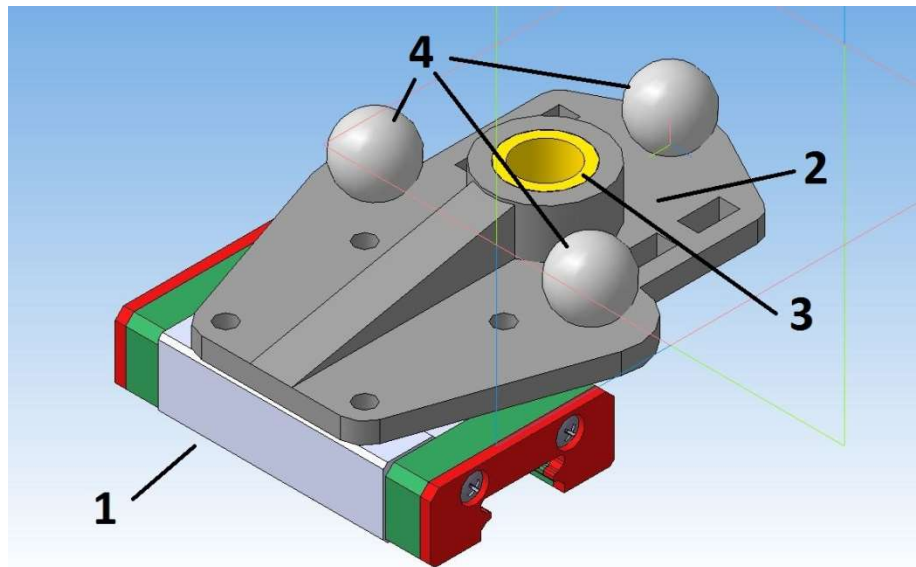


Рис.3.3.Кареточний вузол складається з (1)лінійного підшипника, (2)несучої частини, (3)тефлонової втулки та (4)кульок для стиковки.

- Несуча частина стиковочного вузла буде надрукована з PLAпластику на іншому 3д принтері, що робитиме її дуже легкою (вага деталі 7грам), та водночас міцною завдяки структурі тетраедерної форми.
- Тефлонова втулка дозволяє легко рухатись підпружиненому штиру, що полегшує процес стиковки.
- Згартовані металеві шарики з різбою - стандартний виріб який випускається масово, має високу міцність, точність та коштує не дорого.

Модуль з екструдером

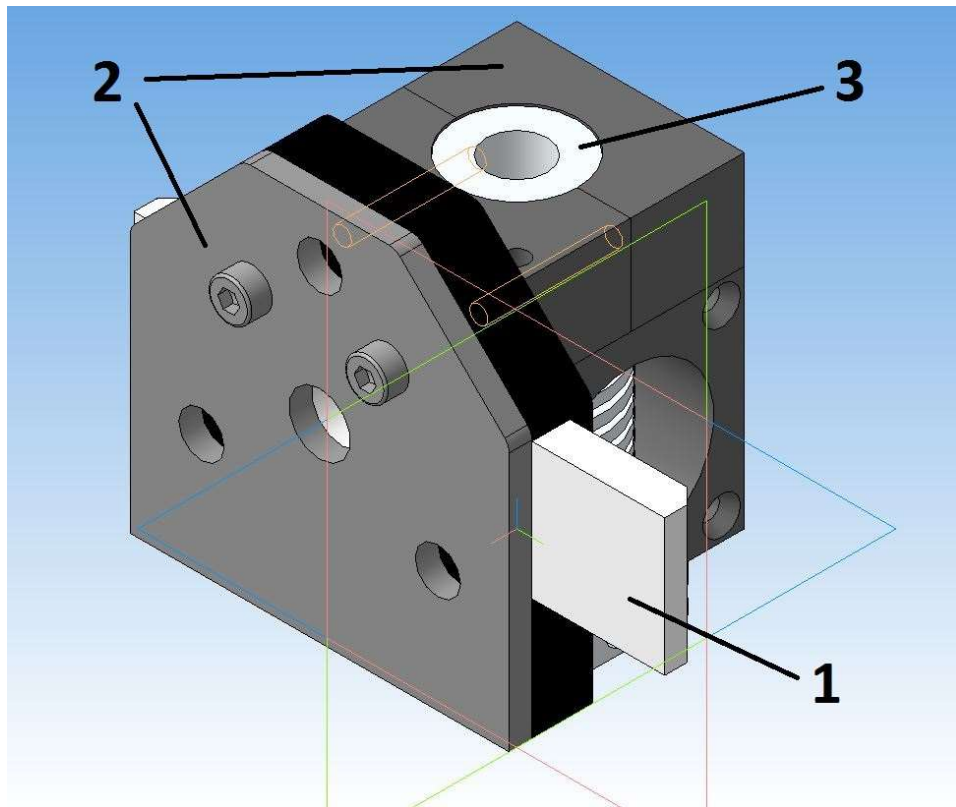


Рис.3.4.Екструдерний модуль складається з: (1) засуву стиковки, (2) несучої частини та (3) екструдера.

- Частковомодуль екструдерабуде надруковано з PLAпластику на іншому 3д принтері, що робитиме його дуже легким (вага модулю90 грам), та водночас міцним завдяки структурі тетраедерної форми.
- Частина деталей модуля надруковані на 3д принтері, тобто виконані з пластика, що дозволяє дешево виготовити нові модулі в разі поломки або розширення кількості екструдерів.

3.2 Власна розробка механізму подачі:

Прямий привід з гнучким валом

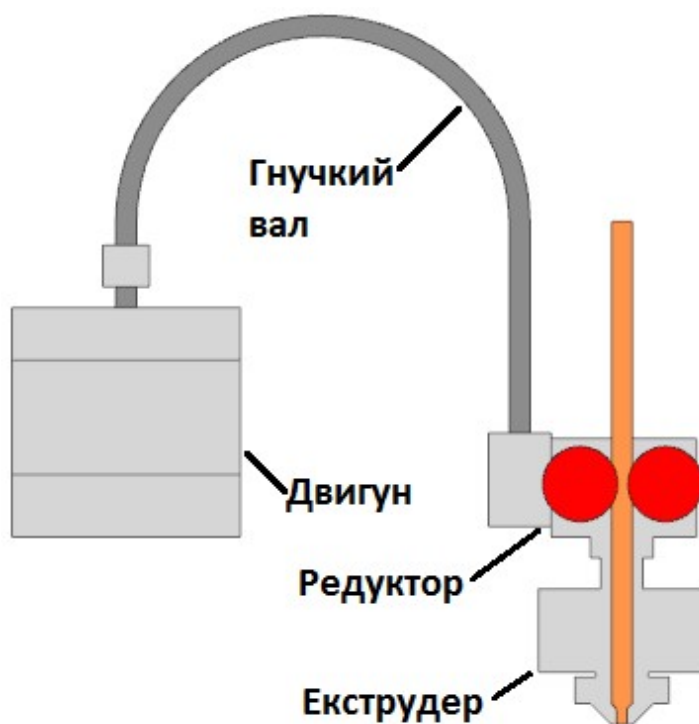


Рис.3.4 Схема приводу з гнучким валом

Для найкращих результатів було прийняте рішення об'єднати конструкції для вирішення недоліків.

Тому за основу взяли прямий привід.

Крутний момент від двигуна передається через гнучкий вал до каретки екструдера, а в середині завдяки черв'ячній передачі момент підвищується і передається на вали з насічками для подачі пластику. Двигун закріплюється на рамі принтера.

Завдяки такій конструкції каретка з екструдером вийшла:

- Досить легкою
- З можливостями прямого приводу.
- Вирішилась проблема з ретрактом та гнучкими пластиками.

3.3 Алгоритм заміни екструдера

1. Під час друку притер отримує команду з G коду на зміну екструдера

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін.			46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Принтер пересуває каретку з екструдером 1 до паркувальної зони 13і зупиняється на відстані 5см та на зменшеній швидкості заїжджає в паркувальну зону

4. Каретка зсувається в праву сторону на 15мм, одночасно фіксуючи екструдер на паркувальній зоні та розблоковуючи замок кріплення екструдер-каретка.

5. Каретка від'їжджає на 5см назад, та рухається до паркувальної зони 26. зупиняється на відстані 5см та на зменшеній швидкості заїжджає в паркувальну зону стикуючись з екструдером 2.

7. Екструдер 2 видавлює 5мм пластику щоб компенсувати об'єм пластику який витік під час простою.

8. Каретка зсувається в ліву сторону на 15мм, одночасно знімаючи екструдер з штирів паркувальної зони, блокує замок кріплення екструдер-каретка та чистить сопло м'якою металевою щіткою.

9. Каретка висувається з паркувальної зони 2 та продовжує друк.
Орієнтовно цей процес займає 4-5 секунд

3.4 Підбір обладнання

1. Для керування системою була підібрана плата керування Duet2 wifi з 32 бітним процесором.

Ця плата оснащена розпаяними драйверами крокових двигунів TMC2660 які можуть робити до 265 мікрокроків,,що робить їх дуже тихими та точним, мають компенсацію пропусків кроків[18].

Підтирмкою 5 двигунів, якщо підключити плату розширення то можливо керувати 10 двигунами. Тобто 3 використовуються для переміщення вісей, 7 для крування екструдерами[17].

Має відкриту прошивку яка дозволяє задати алгоритм заміни та профілі для кожного з екструдерів.

2. Двигуни:

Модель: Nema 17 17HS4401

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Штаховін О.В.	Штаховін.			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Вага: 0,4кг

Момент: 0,42Н/м.

3. Шків: 20 зубів, діаметр 13мм.

4. Екструдер: E3D V6, вага 0,06кг

5. Рельсові направляючі: mgn12, вага 0,65кг/метр.

3.5 Електрична схема підключення елементів системи

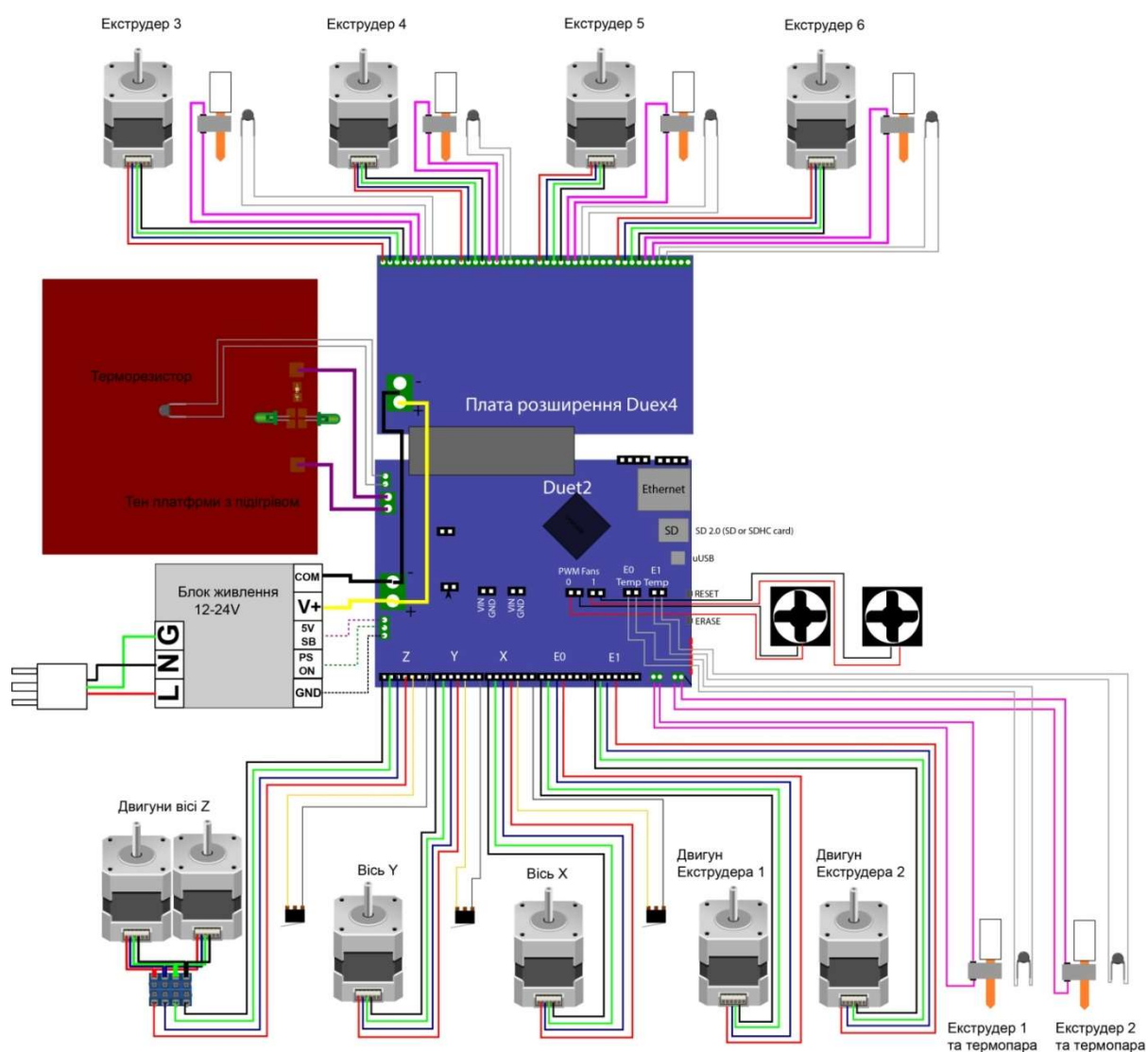


Рис.3.4. Електрична схема

		Штадохін О.В.	Штадохін		МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

На сьогоднішній день велика увага приділяється інтенсифікації та підвищенню ефективності виробництва на базі упровадження досягнень науково-технічного прогресу. Провідна роль у вирішенні даної проблеми відводиться машинобудуванню. Перед цією галуззю поставлені завдання підвищення якості продукції та продуктивності праці, зниження питомої металоємкості машин та обладнання. Саме тому технологічний процес виготовлення деталі має бути таким, щоб з найменшими витратами ресурсів забезпечити встановлений конструктором рівень якості.

У пояснювальній записці описані порядок і всі етапи розробки технологічного процесу виготовлення деталі «Вал кріплення екструдера»: технологічний контроль якості кресленика, аналіз службового призначення деталі та умов її роботи у вузлі, вибір способу виготовлення заготовки та його технічне обґрунтування, визначення припусків та допусків аналоговим способом, призначення послідовності виконання операцій та проектування їх змісту, вибір устаткування та інструментів для кожної операції технологічного процесу та визначення елементів режимів різання аналоговим способом.

4.1 Технологічний контроль якості кресленика

При проектуванні технологічного процесу виготовлення деталі вихідним документом є її креслення. Технолог повинен проконтролювати робоче креслення деталі, у відповідності до ГОСТ 14.206-73. У креслення входять відомості, необхідні для якісного виготовлення деталі, які дають повне уявлення про її конструкцію, а також усі проекції, розрізи, перерізи, які пояснюють конфігурацію деталі.

Проаналізувавши креслення (рис.4.1) можна сказати, що на кресленні вказані всі розміри, необхідні для виготовлення деталі. Не вказана шорсткість та шорсткість усіх поверхонь деталі позначена відповідно до ГОСТ 2789-73.

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін.			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Допуски та відхилення розмірів наведено відповідно до ГОСТ 25346-89 та ГОСТ 25347-82.

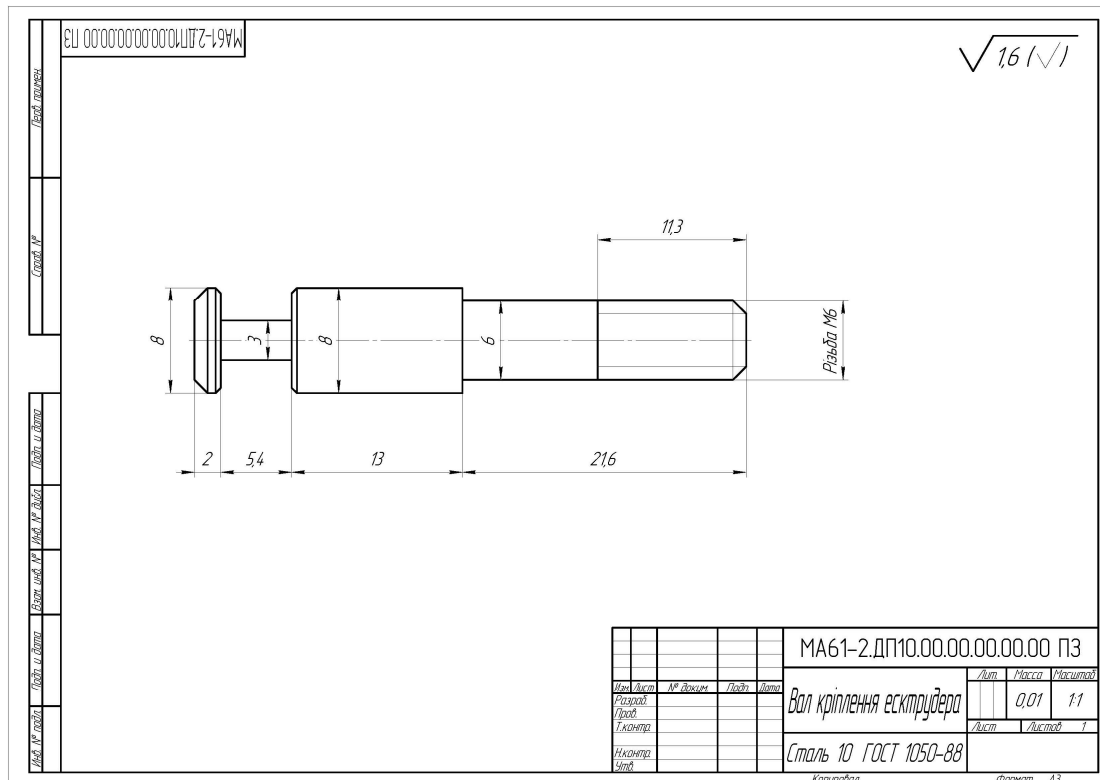


Рис. 4.1. Креслення деталі «Вал»

4.2 Аналіз службового призначення деталі та умов її роботи у вузлі:

Деталь «Вал» вставляється до упору в тефлонову трубку і пластину каретки, на частину з різьбою одягається пружина та фіксується стопорною гайкою.

Дана деталь має досить просту зовнішню форму. Її можна віднести до класу спеціальних деталей. Зовнішній Ø8 мм., товщина деталі 30 мм. Не вказані граничні відхилення виконані за ГОСТ1 00022-81. Деталь і її конструктивно-технологічні елементи зображено на рис. 3.2.

Вал виготовляється з матеріалу Сталь 20 на хімічний склад і властивості поширюється ГОСТ 535-2005.

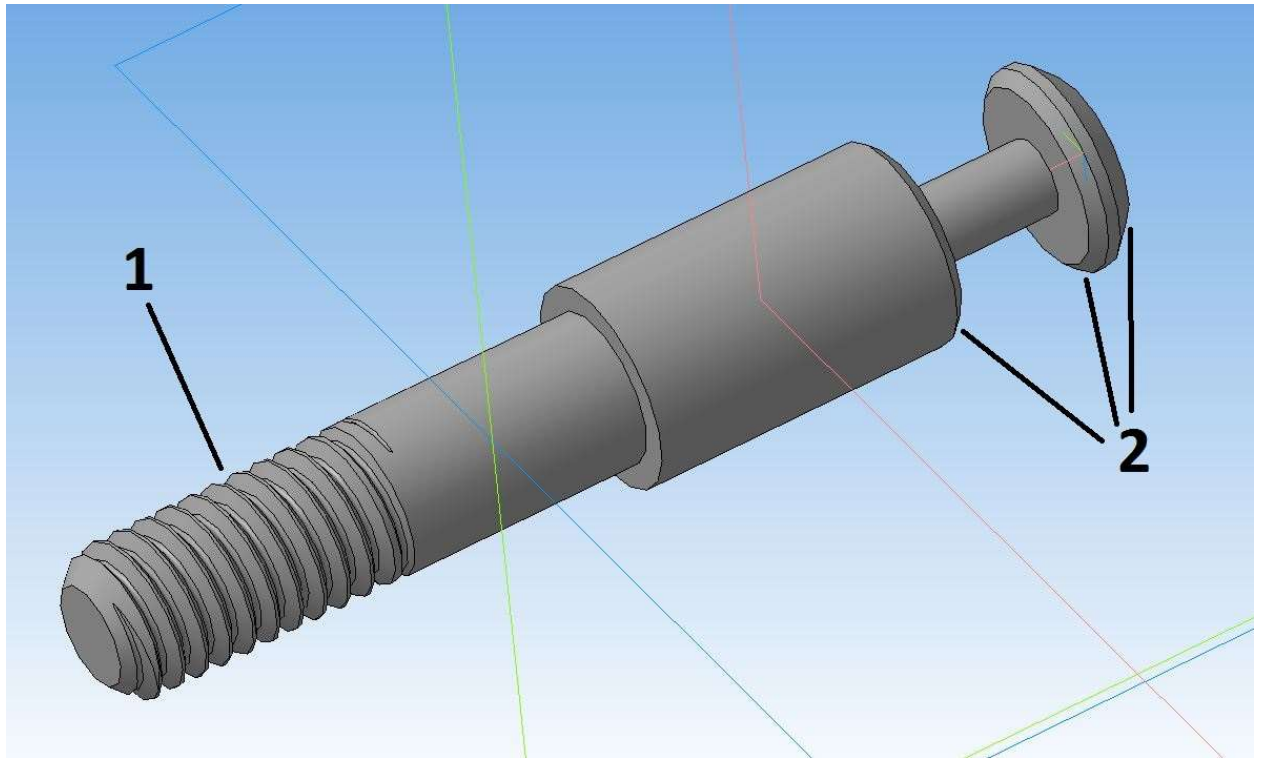


Рис. 4.2. Вал стиковочного вузла. Конструктивно- технологічні
1 –циліндрична різьба М6х45 та 0,5х45 для полегшення
стиковки

фаска під зварювання 5х45°; 3 – отвори Ø20 (4 шт.)

Спосіб виготовлення: гарячекатаний прокат за ГОСТ 1050-88. До складу сплаву входять: вуглець (C) - 0,17-0,24%, кремній (Si) - 0,17-0,37%, марганець (Mn) - 0,35-0,65%; вміст міді (Cu) і нікелю (Ni) допускається не більше 0,25%, миш'яку (As) - не більше 0,08%, сірки (S) - не більше 0,4%, фосфору (P) - 0,035%. Характеристики міцності вуглецевих сталей підвищуються зі збільшенням вмісту в них вуглецю, при цьому їх зварюваність погіршується тому, що зростає небезпека утворення гарячих тріщин. Структура сталі 20 являє собою суміш перліту і фериту. Термічна обробка даного метеріали дозволяє отримувати структуру рейкового (пакетного) мартенситу. При таких структурних перетвореннях міцність зростає, і пластичність зменшується. Після термічного зміцнення заготовки зі сталі 20 можна використовувати для виготовлення метизної продукції класом міцності 8.8 [5].

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін.			51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3. Технологічні операції

Розробку технологічного процесу виготовлення деталі починають з вибору заготовки. Вибрати заготовку – означає визначити спосіб її отримання, розрахувати або підібрати за таблицями припуски на механічну обробку усіх поверхонь.

000. Заготівельна операція

Спосіб різання - за допомогою пильного диску. Яким можна проводити точне різання прокату товщиною до 20 мм. Різання буде виконуватись на автоматичному відрізнному верстаті. При такому різанні, метал не перегрівається та зберігає свої властивості.

Заготовка після різання і з врахуванням припусків на подальшу обробку

Рис. 4.3.

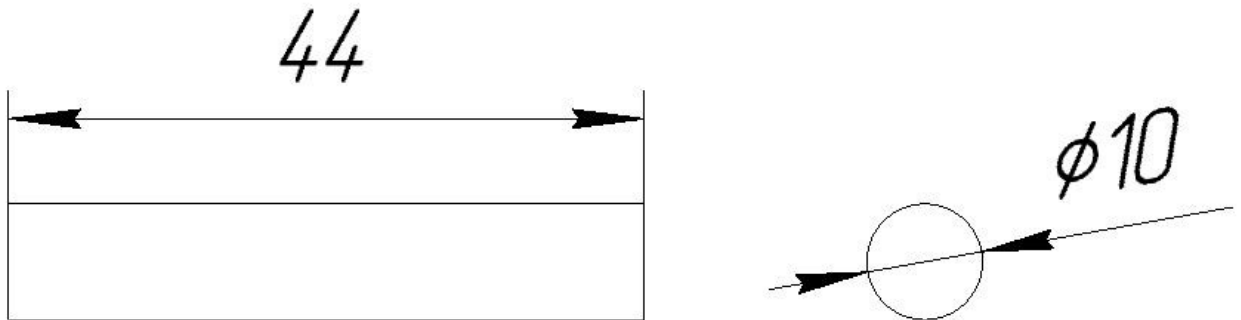


Рис. 4.3. Креслення заготовки

Токарні операції(Таблиця 4.1).:

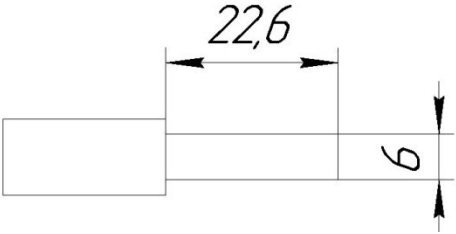
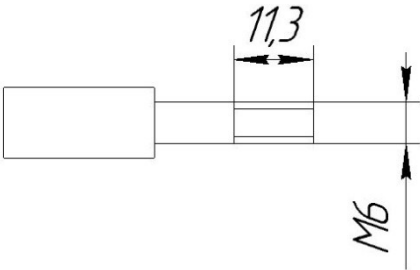
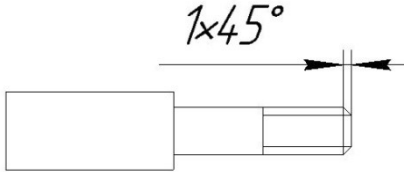
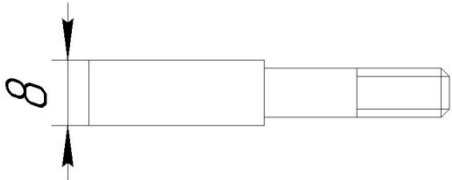
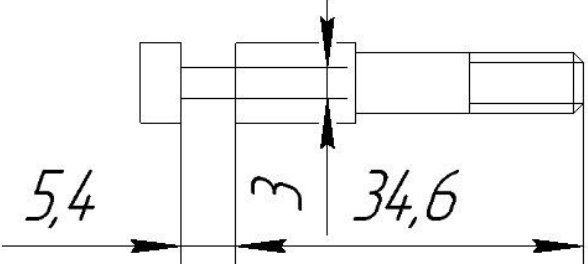
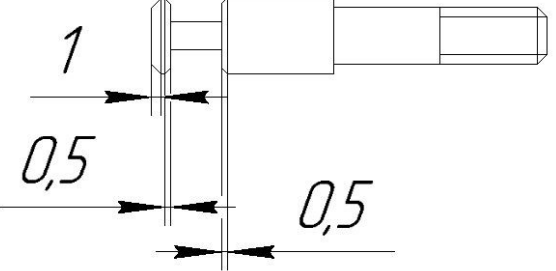
Обробка деталі складається з наступних операцій:

1 Токарна операція. Закріпити деталь з однієї сторони у верстаті.

4 Токарна операція. Закріпити деталь з протилежної сторони.

Операція	Розмір	Зображення
----------	--------	------------

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

1	Підрізати Ø6; L=22,6 мм	
2	Нарізати різьбу М6	
3	Зняти фаску 1x45	
4	Підрізати Ø8	
5	Підрізати Ø3 L=22,6 мм	
6	Зняти фаску 1x45 Зняти фаску 0,5x45 2шт.	

Контроль

Під час цієї операції проводиться контроль відповідності виготовленої деталі вимогам, що зазначені на кресленні.

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін			53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контроль розмірів проводимо штангенциркулем ШЦ-I-300 0,1.

4.4. Розрахунок режимів різання

Режими обробки деталі наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2.

Операція	Інструмент	Глибина різання $h, \text{мм}$	Подача $S, \text{мм./об.}$	Швидкість різання $V, \text{м./хв.}$	Оберти верстата $n, \text{об./хв.}$	Час різання $T, \text{с.}$
1	2	3	4	5	6	7
1	T15K6	2	0,5	80	180	16
2	T15K6	0,6	0,5	94	68	8
3	T15K6	1	0,5	80	180	2
4	T15K6	1	0,5	80	180	10
5	BK8	4,5	0,75	88	94	30
6	T15K6	1	0,5	80	180	4

Під час роботи над цим розділом було визначено технологію виготовлення деталі «Вал», підібрано інструмент, визначено спосіб отримання заготовки, її матеріал, розраховано припуски на виготовлення деталі, а також наведено режими різання під час механічної обробки деталі.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

В цьому розділі проводиться аналіз охорони праці на робочому місці під час дипломного проектування. Завданням диплому є розробка автоматизованої системи зміни екструдерів для 3D-принтера. Проектування проводилося в кімнаті багатоквартирного житлового будинку з використанням персонального комп'ютера. Поліпшення умов праці, підвищення її безпеки та нешкідливості має велике соціальне та економічне значення і безпосередньо впливає на підвищення продуктивності праці. В даному розділі розглянуті питання електробезпеки, пожежної безпеки та мікроклімату. Так як в розглядуваному об'єкті існує небезпека ураження електричним струмом - необхідно передбачити заходи і рішення щодо усунення цієї небезпеки.

5.1. Електробезпека

Електробезпека електронно-обчислюваної техніки має відповідати вимогам ДНАОП 1.1.10-1.01- 2000 [6]. Електронно-обчислювальна техніка, електропроводи та кабелі за виконанням і ступенем захисту мають мати апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів. Під час монтажу та експлуатації ліній електромережі необхідно повністю унеможливити виникнення електричного джерела загоряння внаслідок короткого замикання та перевантаження проводів, обмежувати застосування проводів з легкозаймистою ізоляцією і, за можливості, застосовувати негорючу ізоляцію. Лінія електромережі для живлення електронно-обчислюваних машин виконується як окрема групова трипровідна мережа шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового, захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електро приймачів. Не допускається використання нульового робочого провідника як нульового захисного провідника, розподільного пункту до розеток електроживлення.

Не допускається підключати на щиті до одного контактного затискача нульовий робочий та нульовий захисний провідники.

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін.			55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Не допускається підключати електронно-обчислювальні машини до звичайної дво провідної електромережі, в тому числі - з використанням перехідних пристроїв. При організації робочих місць операторів електромережу штепсельних розеток для живлення електронно-обчислюваної техніки у центрі приміщення прокладають у каналах або під знімною підлогою в металевих трубах або гнучких металевих рукавах. При цьому не допускається застосовувати провід і кабель в ізоляції з вулканізованої гуми та інші матеріали, які містять сірку.

5.2. Пожежна безпека

У дипломній роботі передбачено проведення ряду заходів, що спрямовані на забезпечення пожежної безпеки в приміщенні.

Перелік документів за якими дотримується протипожежний захист:

1. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою

2. НАПБ Б.01.008-2018 Правила эксплуатации и типовые нормы наличия огнетушителей

3. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва.

Особливостями пожежної небезпеки житлового будинку є:

- відсутністю пожежної спецтехніки, необхідної для евакуації людей;
- значно більший необхідний час евакуації людей (велика висота будівель, велика протяжність евакуаційних шляхів);
- швидке розповсюдження диму по сходовим клітинам, ліфтовим шахтам, сміттєпроводам, вентиляційним каналам та зовні будівель.

Основні запобіжні заходи і правила пожежної безпеки при експлуатації

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін.			56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електричних та нагрівальних приладів, що використовуються у побуті, такі нагрівальні прилади можна встановлювати тільки на негорючі підставки;

- забороняється залишати прилади, що включені, без нагляду;
- забороняється включати в одну розетку одночасно декілька приладів; необхідно спостерігати за щільністю контактів в місцях приєднання приладів до вилки, клем між собою тощо;
- небезпечно замінювати запобіжники, що перегоріли, в телевізорах, приймачах і інших побутових приладах саморобними або плавкими запобіжниками;

Значну кількість пожеж у житловому секторі складають пожежі від побутових газових приладів. Основною причиною цих пожеж є витікання газу внаслідок порушення герметичності трубопроводів, з'єднувальних вузлів або через пальники газових плит. Саме тому у разі появи запаху газу у приміщенні не можна запалювати сірники, запальнички, вмикати і вимикати електричні вимикачі, входити у приміщення з відкритим вогнем або з цигаркою - все це може викликати вибух газу.

Якщо витікання газу відбувається з відкритого крана на газовому приладі, то його треба закрити, ретельно провітрити приміщення і тільки після цього можна запалювати вогонь. У випадку витікання газу в результаті пошкодження приладів, користування ними необхідно припинити і негайно повідомити в контору газового господарства. Категорично забороняється користуватися вогнем для виявлення витіку газу із балонів газових приладів, для цього можна застосовувати тільки мильний розчин.

5.3. Загальна характеристика робочої зони. Робочою зоною являлась робоча кімната, яка була постійним робочим місцем під час розробки дипломної роботи (рис.4.1). Характеристика житлової площі з врахування проживання 2 осіб в кімнаті наведена в таблиці 5.1. Величини показників мікроклімату у робочій зоні порівнюються з оптимальними показниками умов мікроклімату приміщень.

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін			57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виходячи з «Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень» ДСН 3.3.6.042 99, визначаємо дану роботу, як легку фізичну роботу (категорія ІА) при якій витрата енергії дорівнює 90-120ккал/год. - категорія ІА, тобто робота,що виконуються сидячи і не потребують фізичного напруження. Параметри мікроклімату наведені в таблиці 5.2.

Характеристики приміщення. Таблиця 5.2

	Мінімальне значення	Дійсне значення
Житлова площа на 1 особу, м ² .	6	19,2
Об'єм житлового приміщення на 1 особу, м ² .	20	53,76
Ширина двірного прорізу, м.	0,8	0,8
Розміри вікна, м ² .	0,9	1,4

Таблиця 5.1

Категорія Іа. Теплий період року	Допустиме значення	Дійсне значення	Відповідність нормам
Температура повітря	22-24	22	Відповідає
Відносна вологість	60-40	55	Відповідає
Швидкість руху,м/с	Не більше 0,1	0	Відповідає

Характеристики мікроклімату приміщення

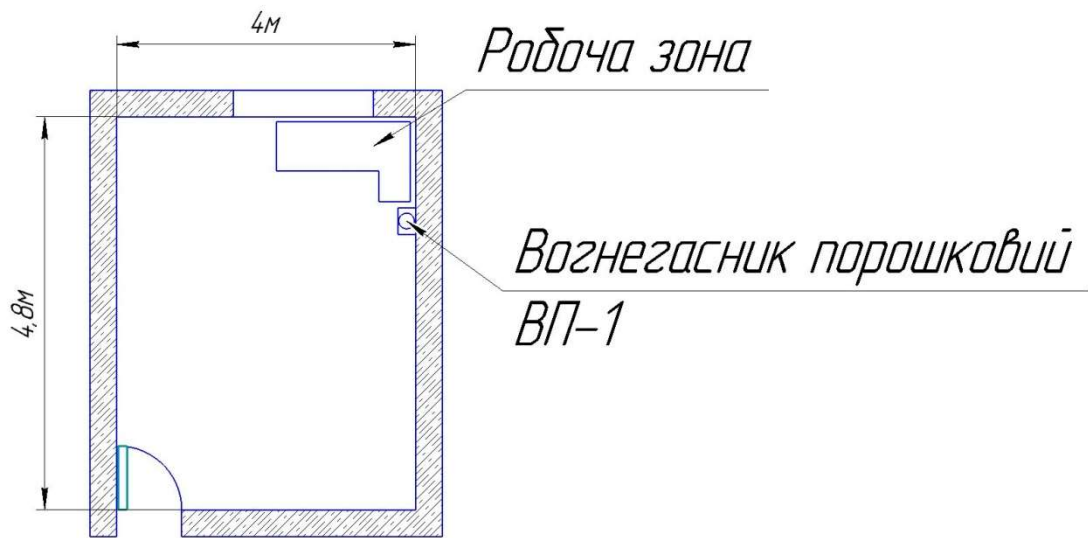


Рис. 5.1. План приміщення

Проаналізувавши мікроклімат на робочому місці можна зробити висновок, що він відповідає вимогам. Серед чинників зовнішнього середовища, що впливають на організм людини в процесі праці, світлу відводиться чільне місце.

5.4. Освітлення приміщень

Недостатня або надмірна освітленість, нерівномірність освітлення в полі зору втомлює очі, призводить до зниження продуктивності праці, при цьому зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків. Надмірна яскравість джерел світла може спричинити головний біль, різь в очах, розлад гостроти зору, світлові відблиски – ~~Приміщення з засліпленням~~ ~~засліпленням~~ перебуванням людей повинно мати, як правило, природне освітлення, проте природному освітленню властиві і недоліки: воно непостійне в різні періоди доби та року, в різну погоду; нерівномірно розподіляється по площі виробничого приміщення; при незадовільній його організації може викликати засліплення органів зору.

Штучне освітлення передбачається в усіх виробничих та побутових приміщеннях, де недостатньо природного світла, а також для освітлення приміщень у темний період доби, під час якого також проводилась робота над дипломним проектом. При розрахунку штучного освітлення було забезпечено сприятливі гігієнічні умови для зорової роботи[7].

5.5. Визначення відповідності освітленості приміщення нормативним значенням штучного освітлення робочої зони

Визначаю згідно ДБН В.2.5-28:2018 нормоване значення освітленості у робочому приміщенні. На підставі характеристики системи освітлення і розмірів приміщення визначаю фактичну освітленість у приміщенні. Для цього визначаємо індекс приміщення і по формулі:

$$i = \frac{a \times b}{h_c(a + b)} = \frac{4 \times 4.8}{2.6(4 + 4.8)}$$

де $a=4,8$ м $b=4$ м довжина і ширина приміщення,

$h_c = 2,6$ м – висота підвісу світильника над робочою поверхнею.

Виходячи з індексу приміщення (і) та коефіцієнтів відбиття стелі, стін і підлоги ($\rho_{сл}$, $\rho_{ст}$, $\rho_{п}$), визначаємо коефіцієнт використання світлового потоку η .

Стеля приміщення свіжо побілена $\rho_{сл} = 70\%$, стіни мають світло сірий колір $\rho_{ст} = 50\%$, підлога з дубового паркету $\rho_{п} = 30\%$. Висота робочої поверхні h_p становить 0,8 м.

Для встановленої системи освітлення визначимо нормоване значення освітленості, яке залежить від характеристики зорової роботи при роботі над дипломною роботою: $s_{so} = 3$ мм – мінімальний розмір об'єкта, що

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін			60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розпізнається, характеристика фону – світла, контраст об’єкта розпізнавання з фоном – великий.

З заданих параметрів можемо встановити, що $E_n = 200$, лк. Виходячи з типу ламп, а саме дволампові світильники ЛХБ 40 з встановленими лампами Philips MASTER TL5 HE 35W/830 SLV/40 потужністю 35Вт, світловий потік відповідатиме значенню $F_{\text{Л}} = 3325$ лм.

Визначаємо фактичне значення освітленості в приміщенні $E_{\text{ф}}$:

$$E_{\text{ф}} = \frac{F_{\text{д}} \times N \times n \times \mu}{S \times k_3 \times z}$$

де $N=2$ – кількість світильників, од.,

$n=2$ – кількість ламп в світильнику, од.,

$\eta=0,56$ – коефіцієнт використання світлового потоку,

$S=19,2 \text{ м}^2$ – площа приміщення,

$k_3=1,5$ – коефіцієнт запасу,

$z=1,1$ – коефіцієнт нерівномірності.

$$E_{\text{ф}} = \frac{F_{\text{д}} \times N \times n \times \mu}{S \times k_3 \times z}$$

Порівняємо фактичне значення освітленості, що створює у приміщенні задана система загального штучного освітлення, з нормативним значенням штучного освітлення робочої зони.

$$\frac{E_n - E_{\text{ф}}}{E_n} \cdot 100\% = \frac{200 - 117,55}{200} \cdot 100\% = 41\%$$

Оскільки маємо невідповідність освітленості приміщення нормам, розрахуємо необхідну кількість світильників та зобразимо умовну схему їх розташування.

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін			61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість світильників N_p , необхідних для досягнення оптимального значення освітленості:

$$N = \frac{S \cdot k_3 \cdot z \cdot E_H}{F_{\text{л}} \cdot n \cdot \eta} = \frac{19,2 \cdot 1,5 \cdot 1,1 \cdot 200}{3325 \cdot 1 \cdot 0,56} = 4$$

Освітленість з оптимальною кількістю світильників:

$$E = \frac{F_{\text{л}} \cdot N \cdot n \cdot \eta}{S \cdot k_3 \cdot z} = \frac{3325 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 0,56}{18 \cdot 1,5 \cdot 1,1} = 235,1 \text{ лк}$$

Повторно проведемо порівняння фактичного значення освітленості з нормативним значенням штучного освітлення робочої зони.

$$\frac{E_H - E_{\text{ф}}}{E_H} \cdot 100\% = \frac{200 - 235,1}{200} \cdot 100\% = 117\%$$

На підставі отриманих результатів можна відзначити відповідність перерахованої системи штучного освітлення у розглянутому приміщенні нормативним вимогам, оскільки відхилення фактичного значення від нормативного не нижче 10%.

Під час роботи над цим розділом мною було проведено аналіз робочого місця щодо його електро— та пожежобезпеки, визначено заходи які проводяться для запобігання ураження струмом і виникнення пожежі. Також зроблено аналіз мікроклімату та освітлення робочого місця. За результатами розрахунку було підібрано оптимальну кількість світильників, оскільки освітлення приміщення не відповідало ДБН В.2.5-28:2018

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін О.В.	Шатохін			62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Крайнев А.Ф. Словарь-справочник по механизмам 2-е изд., перераб. и доп. -М.: Машиностроение, 1987.
2. <https://vektorus.ru/blog/kinematika-3d-printerov.html> Кинематика 3D-принтеров.
3. <https://corexy.com/theory.html>
4. <https://3dtoday.ru/blogs/mad3d/the-duel-of-duals/>
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1/Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 656 с.
6. Основи охорони праці: Підручник 2-ге видання, доповнене та перероблене. К.Н.Ткачук, М.О. Халімовський, В.В. Зацарний, С.В.
7. Ганзюк М.П. Основи охорони праці: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / М.П. Ганзюк, Є.П. Желібо, М.О.Халімовський. – видання 2-ге – Київ: Каравела, 2005 – 390 с. – (Вища освіта в Україні)ГОСТ 12.1.004-76 Пожежна безпека. Загальні вимоги.
8. Руководство по решениям в автоматизации. Практические аспекты систем управления технологическими процессами. Schneider Electric. 323 с.
9. Основы материальных расчетов и выбора оборудования для переработки пластических масс литьем под давлением: метод. указ. для практических занятий, курсового и дипломного проектирования. Екатеринбург: УГЛТА, 2001. 44 с.
- 10.Шембель А. С. Сборник задач и проблемных ситуаций по технологии переработки пластмасс: учеб. пособие для техникумов / А. С. Шембель, О. М. Антипина. Л.: Химия, 1990. 272 с.
- 11.Основы материальных расчетов и выбора оборудования для переработки пластических масс экструзией: метод, указ. для практических занятий, курсового и дипломного проектирования. Екатеринбург: УГЛТА, 2001. 48 с.

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін	О.В.	<i>Шатохін</i>		63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Шварц О. Переработка пластмасс / О. Шварц, Ф.-В. Эбелинг, Б. Фурт; под общ. ред. А. Д. Паниматченко. СПб.: Профессия, 2005. 320 с.
13. Крыжановский В. К. Производство изделий из полимерных материалов: учеб. пособие / В. К. Крыжановский, М. Л. Кербер, В. В. Бурлов, А. Д. Паниматченко. СПб.: Профессия, 2004. 464 с.
14. Микаэли В. Экструзионные головки для пластмасс и резины: Конструкция и технические расчеты / В. Микаэли; под ред. В. П. Володина. Пер. с англ. СПб.: Профессия, 2007. 472 с.
15. Раувендаль К. Экструзия полимеров / К. Раувендаль; под ред. А. Я. Малкина. Пер. с англ. СПб.: Профессия, 2006. 768 с.
16. Статья "Развитие современных станков" <http://mehanit.ru/novosti/razvitiie-stankov.php>.
17. Плата контролер Duet2 wifi <https://www.duet3d.com/DuetWifi>
18. Драйвер крокових двигунів tmc2660
<https://www.trinamic.com/products/integrated-circuits/details/tmc2660-pa/>
19. Національного конкурсного відбору «ICYS-Україна»
<https://svyat.kyivcity.gov.ua/news/21999.html>
20. ICYS-2017 <https://www.youtube.com/watch?v=sdxEigo5GO4>

ДОДАТКИ

Додаток 1



phænovum
Schülerforschungszentrum
Lörrach-Dreiländereck



CERTIFICATE

The 24th International Conference of Young Scientists

This certificate hereby acknowledges that

Student

Oleksii Shatokhin

has participated in the XXIVth International Conference of Young Scientists in Stuttgart, Germany.

Bilant 2p

**President of International
Conference of Young Scientists,
PhD Zsuzsanna Rajkovits**

R. A. Velt

**Head of Local
Organizing Committee,
Dr. Alexander Urban**

						Арк.
		Шатохін	О.В.	<i>Шатохін</i>	<i>МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ</i>	65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					МА61-2.ДП10.00.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Шатохін	О.В. Шатохін.			66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		